LA CREACION

HISTORIA NATURAL

DIVISION DE LA OBRA:

ZOOLOGÍA Ó REINO ANIMAL

TRADUCIDA Y ARREGLADA DE LA ÚLTIMA EDICION ALEMANA DE LA OBRA DEL CÉLEBRE

DR. A. E. BREHM

ANTROPOLOGIA, BOTANICA, MINERALOGIA, GEOLOGIA Y PALEONTOLOGIA

escritas por eruditos autores españoles

con presencia de los mas completos y recientes datos de estas diferentes ramas de la ciencia

TOMO IX

MINERALOGIA, GEOLOGIA Y PALEONTOLOGIA

ANL

MA DE NUEVO LEÓN



DE BIBLIOTECAS

BARCELONA

MONTANER Y SIMON, EDITORES

CALLE DE ARAGON, NÚMS. 309-311

1883

B834h
V.9
STC-29-SEP-78

QL45
B78
V.9
1880-83



ES PROPIEDAD DE LOS EDITORES

UNIVERSIDAD AUTÓN

DIRECCIÓN GENERA



FSRM

2900

INTRODUCCION

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA MINERALOGIA

Considerada la Mineralogía como la ciencia que tiene por objeto el estudio de los séres inorgánicos que constituyen la corteza de nuestro planeta, remóntase su conocimiento al orígen de las sociedades humanas. El libro sagrado de los indios, las escrituras chinas, los monumentos egipcios y los libros de Moisés manifiestan sin el menor género de duda, que para indagar el orígen de esta rama de las ciencias naturales, es preciso buscarle en los tiempos mas remotos (1).

El primer catálogo mineralógico que se conoce se debe á Moisés, el cual dice en los libros sagrados que el pectoral del pontífice Aaron estaba adornado de doce piedras preciosas colocadas en cuatro series ó filas, cuyos nombres hebreos y vulgares segun Epifanio, Braunio, Wedelius y otros, son los siguientes:

NOMBRES HEBREOS	NOMBRES VULGARES
Odem.	Cornalina
Phitdch.	Topacio.
Bareketh.	Esmeralda.
Nophech.	Rubí.
Saphir..	Zafiro.
Jahalom.	Diamante (2).
Leschem.	Jacinto.
Schebo.	Agata.
Achlamah.	Amatista.
Tarschisch.	Crisolita.
Schoham..	Sardonice.
Jaspeh.	Jaspe.

Segun el Exodo, el manto ó túnica de Aaron estaba adornado de dos ónices montadas en oro, en las cuales se hallaba grabado el nombre de las doce tribus, lo cual prueba de un modo evidente que desde épocas muy antiguas se conocian no solo el oro y varias piedras finas, sino el arte de grabar y tallar estas mismas piedras. En los textos hebreos se indica que el oro (zahab) era muy abundante en los tiempos antiguos: Dios dijo á Moisés: «Recibirás oro, plata y bronce.» Job habla del oro de Ofir; nadie ignora la historia del becerro de oro destruido por Moisés; Eliezer regaló á Rebeca pendientes y anillos de este metal; los israelitas á su salida de Egipto se llevaron gran número de vasos de oro y de plata, y cuando estuvieron en el desierto ofrecieron á Dios sus brazaletes, collares, pendientes y vasos; finalmente, todo el mundo sabe que la célebre arca de la alianza tenia una corona de oro; que el candelero de los siete brazos era tambien de oro, así como la mesa de los panes se hallaba guarnecida por este mismo metal.

(1) La mayor parte de los datos históricos que se citan en esta introduccion están tomados del diccionario de Mineralogía y Geología publicado por Mr. Landrin en el año 1852.

(2) Algunos escritores no incluyen en este catálogo el diamante.

Los pueblos antiguos solamente tuvieron idea del oro, de la plata y del cobre, únicos metales que conocieron en el estado nativo. Los egipcios fueron los primeros que hicieron uso de la plata, cuyo cuerpo se cree que fué descubierto por Erictonio hijo de Vulcano; la copa de Joseph y muchos de los vasos que el pueblo judío sacó de Egipto eran de plata; el tabernáculo constaba de varias columnas sostenidas por bases de plata ó bronce y coronadas de chapiteles de oro ó de plata. El bronce, segun la opinion de varios escritores, se extraia de un mineral afine con la *oricacilta* de los griegos, especie mineralógica formada por un doble carbonato de cobre y de zinc: el bronce ha sido conocido mucho antes que el hierro; sin embargo, segun el Génesis, Tubal-Cain forjaba estos dos cuerpos; Job cita el oro, la plata, hierro y bronce como los cuatro metales mas estimados en su época; el bronce fué desde luego muy apreciado y usado por los israelitas, supuesto que solo en la construccion del templo se emplearon cerca de tres mil kilógramos de esta sustancia; los griegos en el memorable sitio de Troya, 1200 años antes de la era cristiana, estaban cubiertos de cobre, tenian armas, casas, utensilios de bronce, siendo todos sus objetos de este cuerpo ó de cobre.

El catálogo de los minerales en la época de Job, ó sea 2,300 años despues de Adan, estaba reducido á la plata, oro, cobre, bronce, betun, azufre, perlas y algunas piedras finas. Job conocia ya la bigornia y el martillo, instrumentos tan necesarios en la forja de los metales.

El pueblo egipcio, 500 años antes de Moisés, forjaba el hierro, dándose idea del mercurio en la época de este célebre legislador. Minos enseñó á los griegos el arte de forjar el hierro, cuyo metal fué muy estimado por espacio de tres siglos; Aquiles ofreció una bola de este metal, como premio de la lucha en los juegos que se celebraron en honor de su amigo Patroclo.

Desde el tiempo que media entre Moisés y Salomon, las artes metalúrgicas adquirieron gran desarrollo; así es que no solamente se forjaba el oro mediante el martillo, con el objeto de construir escudos, rodelas, vasos, etc., sino que se doraban las estatuas de los querubines, se hacian incrustaciones en el marfil, se fabricaban cadenas, etc. Los arquitectos de esta época echaron mano de grandes canteras para la construccion del templo de Dios; los muros eran de piedras de Loan, cuya talla se conocia 23 siglos antes; dichas piedras, segun la opinion de varios escritores, no eran otras sino las célebres *oniquites* de los griegos ó mármol de los antiguos. En esta misma época se inventaron la sierra y el compás.

Poco antes de la destruccion de Troya, comenzó la medicina empírica á hacer uso de ciertas sustancias, tales como algunas arcillas, para la curacion de varias enfermedades; pero fuera debido á la avaricia ó mala fe, se amasaban con estas materias bolos que se vendian con nombres distintos

que recordaban casi siempre la localidad de donde procedian. Muy pronto estos bolos fueron objeto de monopolio, y no se vendia ninguno sin que el sacerdote, el rey ó príncipe les hubiera puesto un sello particular; de aquí, sin duda, que á las arcillas ó á los bolos citados se les designara con el nombre de tierras secretas ó sigilosas.

Desde la época de Salomon hasta la de Homero, los conocimientos mineralógicos permanecieron casi estacionarios. Los fenicios fundaron la ciudad de Cádiz, haciendo de ella un verdadero centro de comercio de plata, oro, cinabrio, plomo, hierro y cobre; aquellos atrevidos navegantes pasaron el estrecho de Gibraltar el año 2700 de la formacion del mundo, llegando á descubrir de este modo las islas Casitéridas que estaban situadas al oeste de Galicia, y en cuyas islas abundaba extraordinariamente el *óxido de estaño* ó *casiterita*, especie mineralógica de donde los fenicios extrajeron grandes cantidades de estaño, hasta el punto que los griegos en el sitio de Troya cambiaban este metal por el renombrado vino de Lemnos.

El célebre Homero al describir el escudo de Aquiles (canto 18 de la *Iliada)* indica el estado de la metalurgia y los progresos que habia hecho en su época: «El oro, la plata, el cobre y estaño estaban hábilmente soldados y combinados, siendo de admirar que el artífice, mediante el fuego y la soldadura, habia conseguido que los metales variaran de color segun los objetos que representaban.» El mismo Homero describe en la *Odisea* el canastillo de plata bordado de oro que Casandra, hija de Príamo, regaló á la bella Elena.

De lo anteriormente expuesto se deduce, que si se exceptúan las piedras finas designadas en los libros de Moisés, nunca se habla de sustancias mineralógicas en los versos de los poetas, por cuya razon puede muy bien dividirse la Mineralogía en dos ramas, que son: la *sagrada* y la *poética;* la primera, comprende muy pocas especies; la segunda, si bien trata de mayor número de individuos, es mas vaga á causa de las exageraciones del lenguaje y de la forma de su estilo. A las dos divisiones indicadas, debemos agregar otras dos, tales son: la *empírica*, iniciada por los griegos y seguida por Teofrasto, Dioscórides, Galeno y Avicena; y la *Mineralogía astronómica*, ideada por los caldeos. Este pueblo, segun aparece en sus escritos, conocia cerca de trescientos setenta y cinco minerales, cuyo número, teniendo presente las repeticiones, limita el árabe Abolais á trescientos quince. En la biblioteca del Escorial se conserva un documento debido á Jehudah Mosca, médico de Alfonso el Sabio, que consiste en un lapidario compuesto de trescientas sesenta piedras (1), distribuidas entre los doce signos del zodíaco, segun la influencia que creian ejercia cada constelacion sobre las treinta piedras que se hallaban colocadas en cada una de ellas. A este lapidario, que resume realmente los conocimientos mineralógicos del pueblo caldeo, es preciso agregar el escrito del rabino Mohamet Abenguich que, tomando como punto de partida el referido catálogo caldeo, describe la forma exterior de los minerales, sus colores propios y la alteracion que experimenta este carácter mediante la accion del agua. Estas descripciones, meramente parciales, así como las llevadas á cabo por Abolais, son por lo general tan vagas, que si no se nombran las piedras á que se refieren, es imposible reconocerlas. Así es que si se exceptúan algunos metales como el oro, plata, cobre, hierro y plomo; ciertas piedras finas, como son la esmeralda, topacio, cornalina, turquesa, diamante, rubí, tres variedades de zircon y cristal de roca; algunas rocas que empleaban en la ornamentacion ó que usaban para ciertas industrias, como, por ejemplo, los mármoles, jaspes, serpentina, sal gemma, alumbre, espuma de mar, hierro magnético, betun, azufre, talco y algunas otras menos comunes, todos los demás minerales citados en estos catálogos no pueden reconocerse, á causa de las malas descripciones que de ellos se dan.

(1) El catálogo contiene 375 incluyendo las dobles ó repetidas. El manuscrito original está en caldeo, y corresponde á una fecha bastante antigua, así como la traduccion de Abolais; el traducido al castellano data del año 1250, ó sea en la época de Alfonso el Sabio.

En vez de dedicarse varios filósofos de la antigüedad al descubrimiento de nuevas especies mineralógicas, se entregaron por completo á inquirir el orígen y formacion de los metales, y con especialidad del oro, cuya naturaleza y propiedades físicas le hacian el mas á propósito para que en aquella época fuera considerado como un cuerpo enteramente distinto de los demás. Entre los sacerdotes egipcios existia la creencia de que el oro era el único metal puro ó perfecto, y fundándose en esta suposicion quisieron convertir todos los demás en oro, bien combinando unos con otros, ó ya depurándolos en virtud de operaciones convenientes. Por este tiempo se dió á conocer el mercurio, cuyo metal trataron desde luego de trasformarle en oro valiéndose para ello de diversos procedimientos, y dando orígen de este modo á la célebre *filosofía hermética*, la cual tomó este nombre de Hermes, uno de sus fundadores. Demócrito de Abdera, 500 años antes de la era cristiana, importó esta escuela á la Grecia en donde se la llamó *Jumeia* (Xumeia en griego), á cuya palabra los árabes antepusieron su artículo *al*, resultando de esta manera la palabra *alquimia*, nombre que conserva en la actualidad.

Desde este momento, la Mineralogía entra en una era completamente nueva, sucediéndose á las vagas é inciertas investigaciones históricas, estudios profundos y observaciones detenidas y exactas. La escuela hermética se propuso desde luego dos objetos esenciales: 1.° la adquisicion de las riquezas; 2.° la curacion de las enfermedades ó conservacion de la salud. La generalidad de los partidarios de esta escuela se dedicaron al estudio de la medicina, pudiendo, por lo tanto, considerarse á la Mineralogia desde esta época como una rama de aquella.

Otros filósofos antiguos se ocuparon tambien en el estudio de los minerales; pero la mayor parte de sus escritos no han llegado hasta nosotros; así, por ejemplo, se desconocen los tratados de Hismenias, Horus, Nicanor, Heráclito, Doroteo de Caldea, Diógenes, Sotaco, Sátiro, etc., etc.; dando á conocer los dos últimos, el primero la hematites, y el segundo el ámbar amarillo. El célebre Herodoto, 400 años despues de Homero, cita únicamente tres minerales que no estaban descritos en los tratados de sus antecesores; dichos minerales son: el mármol de Porus (que no debe confundirse con el de Paros), con el cual se edificó el templo de Delfos; el basalto, denominado por Herodoto piedra de Etiopía, que, segun opinion de Tolomeo, procedia de una montaña de la Arabia, llamada Basanita; y el Tofus (que quizás sea el Toph de que habla Comestor), mineral esponjoso, frágil, áspero, de donde acaso se derive la palabra toba de algunos autores modernos. Herodoto es el primero que cita las esmeraldas gigantescas, cuya descripcion hacen tambien Teofrasto, Plinio y otros. El historiador griego dice que el templo de Hércules que existia en la ciudad de Tiro, tenia una columna de esmeralda que despedia un brillo extraordinario; en los libros de Ester se consigna que el pavimento del palacio de Asuero lo formaban mármoles blancos y esmeraldas, las que en realidad no serian otra cosa, sino jaspes ó mármoles verdes; en los registros de Egipto se decia que uno de sus reyes habia recibido como regalo una esmeralda de cuatro codos de alto por tres de ancho; por último, se indicaba, además, que en

el templo dedicado á Júpiter existian cuatro esmeraldas de 40 codos de largo: Apion refiere que en el laberinto de Egipto habia un Serapis formado por una sola esmeralda de mas de nueve codos de altura. Pero debe suponerse desde luego que estas piedras, mas bien que esmeraldas, no serian sino vidrios teñidos ó bien peridotos, espatos fusibles, ó acaso berilos análogos á los que se hallan en la Calzada de Pontevedra y San Miguel de Pesqueiras en Galicia, aunque en realidad el tamaño de estos berilos no llega al de las esmeraldas citadas.

Aristóteles, 384 años de Jesucristo, habló ligeramente de las sustancias mineralógicas; no obstante, puede asegurarse que fué el primero que estableció cierto órden en su estudio, basándose esencialmente su clasificacion en la tenacidad que ofrecian los cuerpos conocidos en su época.

Teofrasto, discípulo de Aristóteles, para clasificar los minerales se valió de la utilidad y valor relativo de cada uno de ellos. Describe los mármoles, alabastros, yeso, fluorina, pirita de hierro, piedra de toque, los ocres, el succino, rejalgar, oropimente y algunos otros menos importantes, cuyos minerales agrupó teniendo presente la tenacidad, el color y la accion que sobre ellos ejercia la temperatura. Teofrasto tuvo la singular idea de dividir los minerales en «machos y hembras;» colocó en la primera seccion todos aquellos que ofrecian un brillo bastante intenso, y en la segunda, á los de aspecto lapídeo. Las sustancias metálicas, segun este autor, han sido formadas por la accion de las aguas, mientras que las piedras deben su orígen á la tierra.

Dioscórides, setenta y cinco años antes de nuestra era, estudió los minerales bajo el punto de vista de sus relaciones con la medicina; pero, en realidad, no estableció una verdadera clasificacion ni adoptó órden alguno en las descripciones, no obstante haberlos dividido en marinos y terrestres, tomando por consecuencia el carácter de localidad con preferencia á los demás. La obra escrita por Dioscórides no da una idea exacta de los conocimientos mineralógicos de su tiempo, supuesto que en las setenta y tantas piedras que describe, no se encuentran citadas muchas de las que anteriormente se conocian, siendo, por lo tanto, su lista incompleta de la misma manera que las descripciones (1).

Plinio, muy poco tiempo despues que Dioscórides, escribió una historia natural, en la que mas que al pensador y analítico, se ve al hombre incansable en el trabajo. Puede considerarse esta obra, como el resúmen de los conocimientos mineralógicos de aquella época. Escribió treinta y siete libros sobre historia natural, de los cuales cuatro tratan de los metales, de las piedras particularmente dichas, de los mármoles y de las piedras preciosas; el azufre, alumbre, creta y otras sustancias se hallan estudiadas en los capítulos referentes á la medicina. La obra de Plinio, como tan oportunamente dice M. Landrin, no viene á ser mas que una verdadera enciclopedia llena de anécdotas y curiosidades, que si bien son muy buenas para evitar la aridez en este género de estudios, ofrecen el gravísimo inconveniente de que conducen fácilmente á frecuentes dudas y errores. Plinio cita en sus obras un cuerpo que se encontraba en los filones y arenas auríferas, que se presentaba en forma de cálculos, siendo su color negro con manchas blancas, y con un peso idéntico al del oro (2).

(1) Andrés Laguna, á mediados del siglo diez y seis, trató de completar las descripciones de Dioscórides, pero no llegó á obtener grandes resultados. Francisco Suares de Ribera continuó el trabajo de Laguna, cuya obra tradujo al castellano; en esta traduccion, impresa por primera vez en Valencia el año 1631, y en Madrid en 1735, se comentan las observaciones de Laguna con gran criterio é ilustracion.

(2) Todos estos caractéres hacen suponer que el mineral citado por Plinio sea el platino.

Suceden á Plinio durante mas de nueve siglos, mineralogistas griegos y árabes, cuya avaricia les condujo á considerar á todos los minerales nada mas que como un medio para convertir en oro aquellos metales mas comunes. Avicena, en el siglo XI, dividió los minerales en cuatro grandes grupos; á saber: 1.° *azufres ó minerales sulfurosos;* 2.° *piedras;* 3.° *sales;* 4.° *metales.* Estas divisiones, fundadas esencialmente en la composicion química, se hallan aceptadas por la mayoría de los clasificadores posteriores. Algunos contemporáneos de Avicena (Abon-Ali-Hussein de Córdoba) adoptan tambien en sus clasificaciones procedimientos idénticos á los empleados por el célebre árabe. Por esta misma época, creyendo ver los alquimistas cierta analogía entre los metales mas comunes y los siete planetas que se conocian en este tiempo, idearon designar al oro con el nombre de Sol, llamando Luna á la plata, Vénus al cobre, Marte al hierro, Mercurio al azogue, Saturno al plomo y Júpiter al estaño. Despues de Avicena sucede un largo interregno, hasta que Agricola, médico aleman, á mediados del siglo XVI, dió gran impulso á los estudios mineralógicos, así como tambien á los metalúrgicos. Sin embargo, el siglo XII es notable, supuesto que en él se verificaron las explotaciones del carbon de piedra en Inglaterra y Bélgica; en este mismo siglo floreció Alberto el Grande, que siguió en un todo la clasificacion propuesta por Avicena, siendo el primero que dió á conocer la composicion del cinabrio; el siglo XIII se señala por el uso de la copelacion que ya habia indicado Geber en el IX; en el siglo XIV se explotan en grande las minas de diversos minerales, enclavadas en Noruega, Suecia, Silesia y varios puntos de Alemania; y en el XV, se describe con toda exactitud el antimonio, metal que Dioscórides habia considerado como una simple variedad del plomo.

Agrícola, como se ha indicado, inició una nueva marcha en los estudios mineralógicos, sirviéndole de punto de partida las doctrinas emitidas por Teofrasto. Divide Agrícola los minerales en cuatro clases; 1.ª *tierras;* 2.ª *sustancias ó jugos concretos*, que comprende los betunes, succino y otros cuerpos combustibles; 3.ª *piedras*, subdivididas en piedras comunes, como la caliza, yeso, etc., en piedras preciosas, en mármoles y en rocas; 4.ª *metales.* A Agrícola se debe el descubrimiento del bismuto, la invencion de nuevos métodos y el perfeccionamiento de los ya conocidos en la explotacion de las minas. Paracelso, contemporáneo de Agrícola, entregado por completo á los trabajos herméticos, descubre algunos cuerpos y entre ellos el zinc, mientras que Bernardo de Palissy añade con sus investigaciones un nuevo interés á la Mineralogía. Hácia esta época se da un gran paso en esta ciencia, llegándose á entrever por primera vez la importancia de los caractéres geológicos. Se hace sentir la utilidad de una buena clasificacion fundada en principios fijos y esenciales, se desarrolla la aficion á formar colecciones de las sustancias inorgánicas, y finalmente se comienza á publicar tratados de Mineralogía.

Andrés Cesalpino, á últimos del siglo XVI, resume los conocimientos de su tiempo dividiendo los minerales en tres grupos importantes: 1.° *tierras*, en cuyo primer grupo incluye las sales, alumbres y betunes; 2.° *piedras*, en donde aparecen colocados la caliza, yeso, mármoles, cuarzo, jaspes, etcétera, y 3.° *metales*, que comprende las verdaderas sustancias metálicas de aquella época. Conrado Gesnero sigue la clasificacion propuesta por Cesalpino (3).

A fines del siglo XVII se entrevé por primera vez la importancia que ofrece en el estudio de los minerales la forma cristalina; así Hottinguer publica, en 1685, su tratado de Cris-

(3) Merecen citarse el mineralogista Ludovico Dolce, Aldrobando, Fabricio, Lázaro Ereken, y, por último, el padre Kircher.

talografía, cuya obra fué nuevamente impresa por Schenzer; Bourguet y Capeller dan á luz, el primero sus *Cartas filosóficas* acerca de los cristales, y el segundo su *Prodromus crystalographiæ*. Las ideas emitidas y consignadas en las obras de los autores citados, que en realidad no tenian otro objeto mas que una simple y mera curiosidad, sirvieron, no obstante, de fundamento á los métodos cristalográficos ideados por Linneo, Romé de l'Isle, Bergman, Haüy y otros que tan grandes adelantamientos han determinado en la ciencia de los minerales.

Poco tiempo antes de la fecha citada mas arriba, ó sea en 1671, el alquimista Becker investigó los efectos que producia el fuego sobre las sustancias mineralógicas, así como el físico inglés Boile examinó los fenómenos eléctricos que observó en algunas de estas; el sueco Bromel publicó en el año 1730 una clasificacion fundada principalmente en los caractéres pirognósticos: este mineralogista divide los cuerpos inorgánicos en tres clases; 1.ª *apiros* ó que resisten la accion del fuego; 2.ª *calizos* ó *calicinables*; y 3.ª *fundentes* ó *vitrificables*. Swab, ocho despues que Bromel, sometió los minerales á la accion del soplete, instrumento tan precioso posteriormente en mano de eminentes mineralogistas y químicos. Aparecen en el siglo XVIII partidarios de las clasificaciones y nomenclaturas basadas en la composicion y propiedades químicas, mientras que otros, por el contrario, aceptan divisiones basadas en los caractéres exteriores; finalmente, hay algunos que, comprendiendo la utilidad de conciliar estos dos sistemas exclusivos, adoptan uno intermedio, tomando por consiguiente de unos y de otros. Entre estos debemos mencionar á Valerio el sueco que, á mediados del siglo indicado, se valió de la composicion química para establecer los grandes grupos del reino mineral, sirviéndose de los caractéres exteriores para la formacion de las divisiones inferiores. Los nombres que da á los cuerpos son mas claros y exactos que los usados por los mineralogistas anteriores, siendo tambien la descripcion que hace de las especies la mejor de todas cuantas se habian publicado. En el año de 1758, Cronstedt, compatriota de Valerio, y que realmente puede considerarse como inventor del soplete, publicó una clasificacion, en la que los géneros y especies que cita están constituidos con arreglo á la composicion química, sin olvidar ni mucho menos, los caractéres exteriores y todas aquellas particularidades fáciles de ser reconocidas por procedimientos sencillos.

El descubrimiento de nuevos minerales, la publicacion de diversas clasificaciones fundadas en diferentes particularidades, y en especial las lecciones dadas primeramente por Bernardo de Palissy, y mas tarde por Valmont de Bomare, dieron un nuevo impulso á la Mineralogía, contribuyendo de esta manera á que el padre de esta ciencia, el inmortal Werner, la sacase del caos y confusion en que se encontraba. Desde esta época, hasta nuestros dias, el estudio de la parte inorgánica ha progresado con una rapidez asombrosa; la especificacion se ha basado en caractéres fijos y permanentes, siendo el célebre Werner, profesor de Freyberg (año 1790), el primero que inició esta marcha, pues si bien es verdad que las divisiones que estableció no son tan exactas y metódicas como las formadas por los mineralogistas que le sucedieron, puede, sin embargo, considerarse su clasificacion como la base esencial y fundamental sobre la que han levantado su edificio Mohs, Haüy, Beudant, Brongniart, Dufrenoy, Leymerie, Delafosse, y tantos otros que se han dedicado al estudio de los minerales.

El método de Werner, llamado empírico, se propagó instantáneamente por toda Alemania mediante las publicaciones de sus discípulos Karsten, Klaproth, Reus, Bronchant, etcétera, etc., los cuales aceptaron la nomenclatura y principios de su maestro.

F. Mohs, mineralogista tambien aleman y sucesor de Werner en la cátedra de Mineralogía de Freyberg, fundó su clasificacion mineralógica, basándola principalmente en los caractéres físicos de *peso específico*, *forma regular*, *dureza*, *sabor y olor*, siendo, por lo tanto, un verdadero sistema histórico-natural.

Poco tiempo antes de Werner, Rome de l'Isle, teniendo presente las ideas emitidas por Hottinguer, Bourguet, Capeller y otros mineralogistas, se dedicó esencialmente á los estudios cristalográficos; examinó gran número de cristales, procurando indagar en los mas complicados por sus formas, otras mas elementales y sencillas de las que se habian originado, siendo el primero que demostró que los cuerpos constituidos por los mismos elementos y en iguales proporciones ofrecen, siempre que se hallen colocados en condiciones idénticas, la misma forma cristalina.

A principios de este siglo, el abate francés Haüy, discípulo de Daubenton, hizo una nueva aplicacion de las formas cristalinas para la determinacion de las especies mineralógicas; estudió los poliedros que resultaban mediante la accion del choque ó de la exfoliacion, y dando un gran valor á los caractéres geométricos y haciendo un exámen detenido y profundo de estos caractéres, llegó á fundar las bellas leyes de cristalizacion, y estos otros dos principios indicados ya por Romé de l'Isle: 1.º minerales de la misma composicion química cristalizan en el mismo sistema y los valores de los ángulos de su forma primitiva son iguales; 2.º los minerales de diversa composicion química cristalizan en distinto sistema, y en el caso de que cristalicen en el mismo, sus formas primitivas presentan ángulos diferentes (1).

Desde la época de Haüy, ó sea desde 1822 en que estableció su segunda clasificacion, la ciencia de los minerales ha cambiado extraordinariamente y tomado otro giro, debido á los adelantamientos y progresos llevados á cabo en la Química. Se han publicado desde este momento nuevas clasificaciones histórico-naturales ó físicas unas, químicas otras, y mixtas algunas, ó sean fundadas en unas y otras propiedades. Desde la fecha citada hasta la época actual, han aparecido las clasificaciones de Berzelius, Beudant, del referido Mohs, Haidinguer, Hausmann, Dufrenoy, Dana, Leymerie, Delafosse y tantos otros mineralogistas que han elevado á grande altura la ciencia mineralógica, si bien nunca esta podrá obtener en sus clasificaciones los felices resultados llevados á cabo en la Zoología y la Botánica, porque la individualidad concedida á los cuerpos inorgánicos no será mas que un carácter completamente artificial é ideado solo para formar, á imitacion de los botánicos y zoólogos, la especie mineralógica.

(1) Véase su clasificacion.
Al hablar de la importancia relativa de los caractéres y de la cristalizacion, se verá que estos dos principios pierden algun tanto su generalidad á causa del dimorfismo y polimorfismo.

MINERALOGÍA

Todos los séres que forman el mundo sensible, las relaciones que entre ellos existen, así como los diversos fenómenos materiales en que intervienen, son el objeto esencial y filosófico de las ciencias denominadas *naturales*.

El estudio de empresa tan amplia como difícil fué iniciado, como dejamos consignado, desde las épocas mas remotas por el pueblo indio, egipcio y hebreo, habiendo seguido el camino trazado por estos, los griegos, latinos y árabes. Estas naciones se dedicaron, es cierto, al estudio de los cuerpos, pero sin adelantar gran cosa en su exámen, efecto de sus inciertas, groseras y erróneas observaciones; esta misma marcha se prosiguió con idéntico éxito por varios pueblos de la antigüedad, los cuales en muy pocos casos, y con rarísimas excepciones, se entregaban á un detenido y paciente análisis de los hechos, al verdadero método de experimentacion, que aunque ya fué empleado por el maestro de Alejandro, no llegó á constituir la verdadera y sólida base de importantes y variados descubrimientos hasta la época de Arquímedes y escuela de Alejandría. Desde la toma de esta por los árabes, y la destruccion de su biblioteca, quedan los estudios de las ciencias naturales completamente paralizados, entrando en un período de triste abandono y decaimiento. Sin embargo, Avicena en el siglo XI dió cierto impulso á los estudios mineralógicos; siendo notables, como queda consignado en la introduccion, los siglos XII, XIII y XIV por la explotacion de las minas del carbon de piedra, por el uso de la copelacion y por la explotacion tambien en grande de diversas sustancias mineralógicas, cuyo yacimiento corresponde á Suecia, Noruega y otros puntos del norte de Europa.

Con el renacimiento de las letras en el siglo XVI, se inaugura una nueva era en las ciencias naturales. Las atrevidas y grandiosas investigaciones de Galileo, confirmadas brillantemente por un verdadero éxito, trazaron un nuevo camino á los sabios posteriores en el que habian de recolectar frutos excelentes, recompensa de sus nobles afanes y de sus relevantes y pacientes trabajos. Los defectos y errores notables de los antiguos sistemas, las vanas y orgullosas aspiraciones de la escuela de Aristóteles, fueron eclipsadas y lógica y razonadamente destruidas por Luis Vives y Bacon, perdiendo, por consecuencia, el perjudicial influjo que habian tenido hasta entonces; las tareas científicas progresaron de un modo asombroso, y fundadas esencialmente en las únicas y sólidas fuentes de los estudios naturales, esto es, en la observacion y experimentacion, llegaron á adquirir un gran desarrollo, siendo este cada dia mayor, cuanto mas descansa en las dos bases indicadas.

Vana tarea seria tratar de estudiar y analizar con toda claridad y exactitud las múltiples y variadas materias que hoy cultivan las llamadas ciencias naturales, sin echar mano de un verdadero método racional; método preciso é indispensable para poderlas definir y separar, y sin el que los individuos no podrian aplicar su especial inteligencia y dotes propias y peculiares al cultivo de ciertas ramas, adecuadas á su aptitud y particular predileccion.

Sintiendo el hombre cada dia mas el poderoso y constante influjo que ejercen los agentes de la naturaleza, á los que designa con los nombres de *electricidad*, *magnetismo*, *luz* y *calórico*, y que quizás, como suponen muchos, no sean otra cosa mas que manifestaciones de uno solo; observando y reconociendo al propio tiempo que estos agentes, en union con las llamadas *fuerzas moleculares* ó de la materia, son la causa principal de todas las modificaciones y cambios que experimentan los séres, ha dividido este gran cuadro de estudio en dos ramas principales: Física y Química. La primera estudia los fenómenos que ofrecen los séres naturales en cuanto afectan á su modo de estar, y el de los agentes ó fuerzas productoras de estos indicados fenómenos. La Química examina los cuerpos en todo lo que se refiere á su modo de ser; estudia, por lo tanto, los cuerpos penetrando en su naturaleza íntima, se hace cargo de los cuerpos simples ó elementos y de sus combinaciones, indicando de paso las leyes, accidentes y cambios que experimentan al ponerse en contacto unos de otros. Como se desprende de estas definiciones, se ve los grandes lazos que existen entre una y otra ciencia, no siendo en último término mas que continuacion una de otra, supuesto que la única diferencia que puede establecerse es, que la Física, como se ha dicho, examina los cuerpos en cuanto á su modo de estar, y la Química en lo que respecta á su manera de ser.

Si analizamos la superficie terrestre, llaman inmediatamente nuestra atencion no solo los objetos que la constituyen, sino los individuos que la pueblan. Investigar y analizar la estructura de estos objetos é individuos, su forma, orígen y desarrollo, clasificarlos y describirlos, así como estudiar las múltiples conexiones y relaciones que entre ellos existen, son otros tantos fines encomendados á las Ciencias naturales particularmente dichas ó Historia natural.

Ligada íntimamente á tan difícil como provechoso ramo del saber, la Geología estudia la composicion de la tierra, examina las sustancias ó materiales que constituyen su armazon ó esqueleto, y analiza las diferentes hipótesis, las diversas teorías referentes á su orígen, como tambien las causas, períodos por que ha atravesado y consecuencias que pueden deducirse de sus notables vicisitudes y cambios. Considerando, por último, la tierra como un verdadero cuerpo planetario, observando que forma una parte, aunque pequeña, en la armonía de un asombroso y admirable sistema, debemos, como es natural, investigar las leyes que rigen este conjunto, estudiar las magnitudes, movimientos, distancias, relaciones de los astros, consideraciones todas del dominio de la Astronomía, ciencia que si bien puede incluirse entre las naturales, corresponde mas bien á las llamadas exactas, no siendo en realidad mas que una aplicacion de la Mecánica.

Nadie ignora la íntima relacion y los muchos puntos de contacto que existen entre todas estas ramas particulares del saber; y que hay casos frecuentísimos en que es preciso el auxilio mutuo de unos y de otros. Todo el mundo sabe que

una temperatura mas ó menos elevada, la latitud y altura, la mayor ó menor humedad, el terreno, etc., etc., influyen principalmente en la existencia de las plantas y de los animales en diversas localidades, determinando así las floras y faunas de cada país. ¿Quién ignora que sin el auxilio de la Física y Química no podria darse un paso en el estudio de la Zoología, Botánica y Mineralogía? ¿Cómo explicarian los zoólogos y botánicos las funciones de nutricion y reproduccion de los vegetales y animales, así como el mineralogista y el geólogo el orígen, metamorfósis y todas las diversas particularidades de los minerales ó las rocas sin el concurso de la Física y Química? ¿Quién desconoce, finalmente, que estas dos ciencias no son en realidad mas que continuacion una de otra y que tienen entre sí un íntimo enlace? Bastaria para patentizar este aserto analizar los bellísimos experimentos de los análisis espectrales, los cuales han contribuido y dado orígen á recientes y notables investigaciones sobre la constitucion de los astros y al descubrimiento tambien reciente de varios cuerpos elementales. No terminaríamos nunca, si tratáramos de manifestar todos los testimonios relevantes y mas ó menos notables que prueban desde luego el enlace y solidaridad que existe entre las diversas ramas naturales; y no podria suceder de otra manera, supuesto que todos estos conocimientos no son mas que un reflejo, siquiera pálido y pequeño, de ese concierto magnífico, de esa sorprendente unidad que denominamos Universo.

Los cuerpos que estudia la Historia natural se dividen en dos grandes grupos: 1.° *inorgánico*, que comprende los gases, los minerales particularmente dichos, los astros, etc., caracterizados porque sus moléculas constitutivas se encuentran subordinadas únicamente á las fuerzas de la materia, bien sean físicas ó químicas; 2.° *orgánico*, que á su vez comprende los séres llamados plantas y animales, cuyas moléculas, si bien se hallan subordinadas tambien á las fuerzas físicas y químicas, están además en un estado completo de movilidad, son susceptibles de contraerse en contacto de ciertos estimulantes, propiedad esencial y característica de estos séres, la que se conoce por sus efectos aparentes, aunque se ignore su primitiva causa, y cuya propiedad se designa con el nombre de *fuerza vital*. Además los vegetales y las plantas constan de los llamados *órganos*, esto es, de partes ó instrumentos á propósito para ejecutar actos ó funciones; se dice tambien que están dotados de vida y que su crecimiento se verifica de dentro afuera. Los séres inorgánicos, por el contrario, carecen de órganos y por consiguiente de vida, verificándose su crecimiento de fuera adentro.

Se concibe que estas diferencias tan notables son mas que suficientes para separar y distinguir los dos grupos enunciados; pero á fin de hacer resaltar y poner mas de manifiesto estas diferencias, indicaremos además el diverso orígen, crecimiento, forma, estructura, composicion química y existencia de los séres correspondientes á estos dos grupos.

ORÍGEN.—El de los minerales no es debido mas que á la cohesion ó afinidad, ó sea á las fuerzas físicas y químicas: mediante aquellas se forman los cuerpos simples denominados oro, plata, hierro, oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno, etc., etc.; las químicas originan los diversos compuestos binarios, ternarios, cuaternarios, etc. Los séres orgánicos, por el contrario, jamás proceden de la accion de las fuerzas físicas ó químicas, debiendo su orígen únicamente á la reproduccion de otros séres de la misma especie.

CRECIMIENTO.—Es indefinido en los séres minerales ó inorgánicos, y debido á la sobreposicion de partículas ó moléculas que van aumentando gradual y sucesivamente su volúmen, pudiendo ofrecer en un mismo cuerpo las mas pequeñas proporciones, como adquirir las mas grandes y exageradas. El crecimiento de los orgánicos se considera como definido, y se verifica en todos sentidos ó direcciones. La nutricion y desarrollo, pues, de un animal ó vegetal se verifica mediante el acumulo de diferentes sustancias ó jugos, los cuales van depositando en las distintas partes del cuerpo los materiales asimilables que á cada una de ellas le son necesarios y convenientes, contribuyendo de este modo á que los individuos vegetales ó animales aumenten sucesivamente de volúmen, hasta llegar á adquirir el propio de la especie á que cada uno de aquellos corresponde.

FORMA.—Los séres inorgánicos la ofrecen sumamente variable, hallándose individuos de una misma especie que presentan unos forma regular y otros completamente irregular. Los minerales que afectan formas regulares se hallan terminados por superficies planas, pudiendo perderlas sin llegar á descomponerse en sus elementos primarios. Los séres vegetales y animales ofrecen formas mas ó menos redondeadas y terminadas por superficies curvas; esta forma es siempre la misma, pues de perderla, estos séres dejarian de existir y se descompondrian en sus elementos primitivos.

ESTRUCTURA.—Los séres inorgánicos la tienen homogénea: se hallan constituidos de partes semejantes é idénticas unas á otras y al todo que forman, no existiendo mas diferencia que la de mayor ó menor tamaño que puedan presentar. Los vegetales y animales están dotados de una estructura completamente heterogénea y distinta: se encuentran compuestos, por consiguiente, de partes ú órganos diferentes, verifica cada uno de éstos actos ó funciones diversas, siendo algunos de ellos tan esenciales y necesarios que de su falta ó desaparicion resultaria la muerte del individuo.

COMPOSICION QUIMICA.— Por lo general, es sencilla en los séres inorgánicos, supuesto que pueden estar formados por un solo elemento (oxígeno, oro, cobre, plata, etc.), ya sea de dos (ácido sulfúrico, agua, aire, etc.), de tres (caliza, yeso, fosforita, etc.), rara vez de cuatro (alumbre, topacio, etc.), y muy pocos de cinco ó mas; estos cuerpos resultan siempre de combinaciones fijas y determinadas de los sesenta y tantos elementos químicos conocidos en la actualidad. La molécula orgánica vegetal ó animal, si bien es cierto que puede estar formada por dos ó tres elementos, se halla casi siempre constituida por cuatro, cinco y aun mas cuerpos; pero así como los minerales resultan, como se ha dicho, de las combinaciones binarias, ternarias ó cuaternarias, que pueden verificarse entre los sesenta y tantos elementos citados, los vegetales y animales se hallan formados de un corto número de estos, siendo los mas importantes y comunes de unos y otros séres el oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno y azufre.

EXISTENCIA Ó DURACION.— Es indeterminada la de los inorgánicos; así que, si no son descompuestos parcial ó totalmente en sus elementos, mediante las fuerzas físicas ó químicas, duran ilimitadamente, como lo prueban los monumentos construidos por los pueblos indios, egipcios, celtas, etc., la conservacion de las monedas, medallas, etc., y la existencia indefinida de las montañas, rocas, etc. Los vegetales y animales pueden tener un período de existencia mayor ó menor segun la especie á que correspondan, pero siempre será aquel definido ó determinado, necesitando al propio tiempo para poder llegar al término imprescindible de su existencia ó de su vida del influjo de las causas exteriores, de la coexistencia de líquidos y sólidos, y además de la asimilacion de ciertas materias que son necesarias para su conservacion y desarrollo.

La Zoología es la rama de la Historia natural que tiene por objeto el estudio de los séres orgánicos denominados animales.

La Botánica ó Fitología trata de los séres orgánicos llamados plantas ó vegetales.

La Mineralogía se ocupa de los cuerpos inorgánicos naturales denominados minerales; entendiendo por mineral, todo sér inorgánico natural sólido, líquido ó gaseoso que se halle en el interior ó en la superficie terrestre.

La Geología, como se ha dicho, examina la constitucion del globo terráqueo, estudia las sustancias que forman su armazon y analiza las diversas teorías relativas á su orígen, así como tambien las causas, períodos y consecuencias de sus modificaciones mas esenciales. Recibe el nombre de Geognosia, la parte de la Geología que estudia las llamadas rocas, y el órden ó posicion que guardan estas en la corteza terrestre. Finalmente, se encuentran en los diferentes terrenos varias huellas, restos ó despojos de animales ó vegetales que poblaron en otras épocas distintas de la nuestra el planeta que nosotros habitamos, ó bien se hallan tambien en estos mismos terrenos plantas y animales enteros que han perdido en todo ó en parte su organizacion, y que revelan mas ó menos analogía con los tipos que existen en la actualidad. Estas huellas de animales y vegetales mas ó menos completos, denominados *fósiles*, y que manifiestan las modificaciones que han ido verificándose en los séres orgánicos, deben figurar del mismo modo que los séres anteriores en la historia de la tierra, correspondiendo su estudio á la parte de la Geología conocida con el nombre de Paleontología, rama importantísima de la Historia natural y basada esencialmente en la Zoología y Botánica, cuyas dos ciencias le prestan un poderoso auxilio.

Concretándonos al estudio exclusivo de la Mineralogía, la dividiremos con el objeto de facilitar su estudio y comprension en varias ramas, tales como: la Mineralogía característica, la taxonómica, la descriptiva y la tecnológica.

La Mineralogía característica estudia el tipo mineralógico en general, así como las diversas particularidades, notas ó señales que presentan los minerales y que sirven para distinguir unos de otros.

La Taxonomía mineralógica tiene por objeto ordenar ó clasificar los tipos mineralógicos, reuniéndolos ó agrupándolos segun sus semejanzas y afinidades, facilitando de este modo el mejor y mas exacto conocimiento de ellos.

La Mineralogía descriptiva traza la historia de los minerales, dando á conocer las particularidades que presenta cada uno de ellos, sus analogias y modo de resolverlas, así como su posicion en la corteza terrestre.

La Mineralogía tecnológica se ocupa de las aplicaciones, usos ó beneficios que los minerales prestan al hombre, estudiando tambien, aunque someramente, todo lo relativo á la explotacion de las minas, y obtencion de muchos cuerpos.

Todo el mundo sabe y comprende el interés é importancia que ofrecen los estudios mineralógicos. La farmacia y la medicina, la química, la agricultura, la arquitectura, la metalurgia, en una palabra, todas las artes, todas las industrias y manifestaciones de la vida intelectual y social se enlazan y tienen necesidad de recurrir á los conocimientos mineralógicos en mayor ó menor grado, habiendo algunos que no pueden dar un paso ni hacer grandes progresos si no están basados en el estudio de la Mineralogía. Esta ciencia suministra datos y materiales preciosos al físico, al químico, al agricultor, al geólogo, al diamantista, etc., etc.; y si bien es verdad, como dejamos consignado, que los sabios y filósofos antiguos no tuvieron un verdadero conocimiento de ella, como lo prueban las descripciones de las piedras finas hechas por Teofrasto, Dioscórides y Plinio; si bien es cierto tambien que las dadas por otros mineralogistas posteriores eran inexactas é imperfectas, y que los sistemas empleados son demasiado infundados; hoy, en virtud del estudio profundo y detenido de las formas regulares que los minerales presentan y del exámen de la composicion química, la Mineralogía ha adquirido importancia como ciencia, llegando á constituir una rama de la Historia natural tan importante como la Botánica y la Zoología.

CARACTERES MINERALÓGICOS

Los minerales, como verdaderos cuerpos inorgánicos, no pueden ofrecer otra clase de propiedades sino las físicas y químicas. Estas propiedades se denominan *caractéres*, si se las considera como medios, señales, marcas ó atributos que sirven para diferenciarlos.

La division y discusion de estos caractéres ha variado extraordinariamente segun las fases y épocas por que ha pasado la Mineralogía.

En la introduccion se ha consignado detenidamente lo hecho en este punto por Aristóteles, Teofrasto, Dioscórides, Plinio, Avicena, etc., etc.; concretarémonos, pues, en este momento á citar solo las divisiones de caractéres hechas por Werner, Haüy y Beudant, que son las mas conocidas, así como las que generalmente están admitidas en las obras de Mineralogía.

El célebre mineralogista Werner divide los caractéres mineralógicos en cuatro grupos, que son: *exteriores*, *físicos*, *químicos* y *empíricos*, definiéndolos y expresándolos con suma claridad y exactitud, circunstancias que no se observan en ninguno de sus antecesores.

Werner denomina *caractéres exteriores*, á todas aquellas particularidades que pueden examinarse en las sustancias mineralógicas mediante la inspeccion de nuestros sentidos, y que para tener un exacto conocimiento de ellos, no es preciso echar mano de los medios ó aparatos que proporciona la física. Como ejemplos notables de caractéres físicos pueden citarse el color, lustre, trasparencia, opacidad, dureza, tenacidad, forma regular ó irregular, etc., etc.

Caractéres físicos denomina Werner, á aquellos que para conocerlos hay que valerse siempre de ciertos aparatos ó instrumentos físicos, sin que por estos medios de exámen sufran ninguna alteracion, ni tampoco haya que emplear para su estudio ninguna operacion que tienda á alterar su naturaleza. En este grupo incluye el célebre mineralogista aleman el peso especifico, la doble refraccion, polarizacion, fosforescencia, electricidad, magnetismo, dilatacion, etc.

Caractéres químicos, son los que se refieren á la naturaleza ó composicion química de las sustancias mineralógicas, á las acciones moleculares y á los diferentes cambios ó modificaciones que experimentan al ponerse en contacto unas de otras. Para examinar y estudiar estas propiedades con todo rigor y exactitud, no son, ni mucho menos, suficientes los procedimientos anteriores, siendo necesario, por el contrario, someter los cuerpos á ciertas operaciones por medio de las cuales se consigue no solo averiguar los elementos que los constituyen, sino varios fenómenos ó particularidades que nos guian casi siempre al reconocimiento de los diversos minerales que son objeto de nuestro exámen.

Finalmente, Werner, como se ha consignado, acepta los llamados *caractéres empíricos*. Estos en realidad no se hallan fundados en propiedad alguna particular de los cuerpos, observándose únicamente en ciertas y determinadas condiciones, las cuales en algunos casos, aunque muy raros, constituyen una marca ó señal á propósito para diferenciar algunas especies. Así, por ejemplo, en los minerales pertenecientes al género cobre se nota que, cuando se hallan en con-

tacto del aire por algun tiempo, ofrecen muy pronto una coloracion verde, debida á que el ácido carbónico existente en la atmósfera se une con el óxido de cobre, formando un carbonato de este metal, caracterizado entre otras propiedades por su color verdoso. Esta particularidad, bastante frecuente en los minerales citados, no puede, sin embargo, considerarse como importante y esencial, supuesto que es susceptible de cambiar ó de faltar por completo, segun las circunstancias de exposicion ó localidad.

Como caractéres empíricos deben considerarse tambien, segun Werner, todas las particularidades referentes á la posicion de los minerales en la corteza terrestre, ó bien á la union ó asociacion de unos con otros. Así, por ejemplo, el estaño, los granates, berilos y otros varios se encuentran constantemente en los llamados terrenos igneos ó cristalinos; el yeso anhidro, los mármoles, jaspes, cinabrio, etc., en el silúrico; el azufre, ácido bórico, oropimente, rejalgar y algunos otros por lo general se encuentran en los denominados volcánicos; finalmente, el cristal de roca, espato de Islandia, el hierro y casi todas sus especies, el manganeso y sus compuestos se presentan indistintamente en los terrenos de sedimento ó cristalinos. Respecto á las asociaciones que ofrecen los minerales entre sí, se sabe que el azufre casi siempre va acompañado del yeso; el oro del teluro y rocas cuarzosas ó metamórficas; la sal gemma de margas arcillosas, yeso y betunes; la galena de la blenda, y tantos otros que pudieran citarse, y que manifiestan de un modo evidente la tendencia que tienen las sustancias mineralógicas de presentarse formando diversas asociaciones.

Tal es, en resúmen, la division de caractéres establecida por Werner. Sobre ella descansa, como se ha consignado en la introduccion, la primera clasificacion mineralógica algun tanto razonada y científica que, aunque superior á todas las anteriores, no deja por esto de presentar grandes defectos, hijos la mayor parte de la importancia que concedió á los caractéres exteriores sobre los demás. No obstante, aquel célebre mineralogista sentó el principio de dividir los géneros en diferentes especies basadas en la naturaleza ó composicion química de los cuerpos.

Poco tiempo antes que Werner, Romé de l'Isle se habia dedicado á investigaciones extensas respecto á las formas regulares que presentaban algunas sustancias; estudió detenidamente varios cristales, procurando averiguar en los mas complicados de estos por sus formas otras mas sencillas de donde supuso que procedian. Romé de l'Isle puede desde luego afirmarse que fué el primero que conoció el interés é importancia que tenia el estudio de las formas regulares de los minerales.

A principios del siglo actual el abate Haüy, discípulo de Daubenton, haciendo un estudio profundo y detenido de las formas cristalinas, dividió los caractéres mineralógicos en tres grupos que son: 1.° *geométricos;* 2.° *físicos;* 3.° *químicos.*

Los primeros están basados en el exámen de las formas poliédricas ó regulares que ofrecen las sustancias mineralógicas, relacionadas con las que se estudian en la Geometría. El célebre mineralogista francés dió grande importancia á estos caractéres, y haciendo un análisis profundo y detallado de ellos, estableció sus bellas leyes y teorías de la cristalizacion, así como los dos siguientes principios que supuso eran absolutos para todas las especies. Primero: minerales de idéntica composicion química, cristalizan en el mismo sistema cristalino y el valor del ángulo diedro de su forma primitiva es el mismo. Segundo: si los minerales se diferencian en composicion, difieren tambien en su sistema cristalino, y el ángulo diedro de la forma primitiva es distinto. Al tratar de las formas regulares de los minerales y de la importancia relativa de los caractéres, se verá que, á pesar de la generalidad de estos dos principios, hay necesidad, no obstante, de admitir algunas excepciones bastante notables.

En la segunda seccion, se hallan incluidos no solo los caractéres exteriores establecidos por Werner, sino tambien los físicos del mismo autor, supuesto que tanto unos como otros no son en último término mas que particularidades físicas que pueden examinarse ya sea directamente por nuestros sentidos, ya sea echando mano de instrumentos ó aparatos adecuados al objeto.

La última division de caractéres de Haüy, ó sean los denominados químicos, son en un todo iguales á los de Werner, estando fundados esencialmente en el estudio de la composicion ó naturaleza del mineral.

Desde la época de Haüy, hasta el presente, la ciencia mineralógica ha variado y tomado una marcha distinta, debida sin duda á los progresos y adelantamientos llevados á cabo por la Química. Se han publicado diferentes clasificaciones fundadas la mayoría de ellas en la importancia que tienen los caractéres químicos sobre todos los otros. En este concepto, y como verdaderamente químicas, deben mencionarse las de Berzelius y Beudant, los cuales han probado hasta la evidencia lo insuficiente de las formas regulares para llegar á formar especies mineralógicas.

Beudant, que publicó su clasificacion mineralógica dos años despues que Haüy, es partidario de esta escuela: fundó su clasificacion, análoga á la de Berzelius, basándola en las propiedades químicas, pero admitiendo, sin embargo, como auxiliares las físicas y además un nuevo grupo de caractéres que llamó *geológicos*, referentes á la situacion que tienen los minerales en la corteza terrestre, á su union ó asociacion, así como tambien á las causas que les han dado orígen.

En el cuadro siguiente se indican los caractéres establecidos por Beudant, y las divisiones admitidas en cada uno de estos grupos con el objeto de facilitar su estudio y comprension.

NÚMERO 1

CARACTÉRES MINERALÓGICOS

- Físicos.
  - Geométricos. .
    - Forma. . . . . regular. irregular.
    - Estructura. . . regular. irregular.
  - Mecánicos. . .
    - Peso. . . . . . absoluto. relativo. específico.
    - Cohesion ó disposicion molecular. . estado. dureza. tenacidad. maleabilidad. ductilidad. flexibilidad. elasticidad.
  - Opticos. . . . . trasparencia. refraccion. policroismo. asterismo. lustre. color. fosforescencia.
  - Electro magnéticos. . . . . electricidad. magnetismo.
  - Organolépticos. . .
    - Aprec.dos por el olfato . . . olor.
    - Id. por el gusto. . . . sabor.
    - Id. por el tacto. . . . untuosidad. frialdad. apegamiento á la lengua.
    - Id. por el oido. . . . sonoridad.

NÚMERO 1

CARACTÉRES MINERALÓGICOS			
	Químicos.	Por la via húmeda.	accion del agua. id. de los ácidos. id. de los álcalis. id. de otros líquidos.
		Por la via seca.	reduccion. oxidacion. pérdida de color y trasparencia. aumento de volúmen. combustion. volatilizacion. fusion.
	Geológicos.		posicion de los minerales. asociaciones. orígen.

CARACTERES GEOMETRICOS

Se da el nombre de caractéres geométricos ó cristalográficos á todos aquellos que se refieren á las formas regulares que presentan los minerales, relacionadas con las que se estudian en Geometría. Este carácter es el mas importante de todos los físicos que quedan enumerados en el cuadro anterior.

En Mineralogía se llama *forma*, á la manera cómo termina la superficie del mineral; y como esta terminacion puede ser regular unas veces y otras irregular, claro está que las formas de las sustancias mineralógicas se dividirán en *regulares* é *irregulares*, comprendiéndose ó incluyéndose en estas últimas no solo las verdaderamente irregulares, sino las designadas con los nombres de *imitativas*, *pseudo-mórficas*, *heterogéneas*, etc., porque todas ellas no pueden referirse en modo alguno á las primeras. No obstante lo dicho, la regularidad de formas en Mineralogía no supone en modo alguno la exactitud con que la Geometría hace conocer los poliedros, siendo suficiente en muchos casos que un mineral presente una forma semejante ó análoga á un cubo, á un dodecaedro, á un tetraedro, etc., para que se indique que cristaliza ó afecta las formas indicadas.

Las formas regulares de los minerales se designan con el nombre de *cristales*, entendiendo, en consecuencia, por *cristal*, todo mineral que afecte una forma simétrica y regular, y cuyas caras puedan estar representadas por figuras geométricas.

La palabra cristal se deriva del griego *cristalos*, que significa frio, helado ó congelado, porque los antiguos creyeron que el cristal de roca no era mas que agua helada ó congelada; y de aquí la idea que tenia Plinio del cristal de roca, que decia que en modo alguno podia resistir la accion del fuego.

Estos cristales ó poliedros son en cierto modo las formas propias de los séres inorgánicos minerales, cuyas formas tienen tendencia á adquirir constantemente, á no ser que el agrupamiento de sus moléculas se halle interrumpido por causas exteriores, en cuyo caso, en vez de reunirse aquellas de una manera regular, lo verifican irregularmente dando orígen á formas accidentales ó masas amorfas.

La rama de la Mineralogía que tiene por objeto el estudio de los cuerpos inorgánicos, considerados como poliedros ó formas geométricas, se designa con el nombre de *cristalografía*, de *cristalos*, cristal, y *grafein*, describir: así como se llama *cristalizacion* el acto en virtud del cual las moléculas de los cuerpos, ya sean estos disueltos por el calor ó por los líquidos, se reunen entre sí para constituir un todo geométrico; por último, se llama *cristalogenia*, la parte de la Mineralogía que se hace cargo de los fenómenos que ocurren en la formacion de los cristales.

Existen diversas causas naturales que contribuyen desde luego y de un modo directo á que las partículas de los cuerpos se reunan para afectar formas regulares ó constituir cristales, así como tambien el hombre tiene medios bastante poderosos para llegar á obtener en los laboratorios cristales bien determinados y perfectos, denominándose, por lo tanto, estos *naturales* ó *artificiales* segun que hayan sido formados por la naturaleza ó el arte.

Para obtener la cristalizacion de una sustancia se necesitan dos circunstancias esenciales: 1.ª *disgregacion molecular;* 2.ª *sustraccion del disolvente.* La primera circunstancia, que es la mas importante, porque no encontrándose las partículas libres y en movimiento no puede haber cristalizacion, se obtiene por la fusion ó disolucion por medio del calor ó por la disolucion en los líquidos.

CRISTALIZACION POR EL CALOR O VIA SECA

Por medio del calor á temperaturas mas ó menos elevadas, segun sean los minerales, se funden muchos de estos, es decir, se destruye su cohesion molecular. Este medio se aplica comunmente á las sustancias metálicas, vgr. al bismuto, antimonio, etc., cuyos metales cristalizan respectivamente en el llamado sistema regular ó sistema cúbico y en el romboedro. Para cristalizar los metales indicados por la accion del calor, basta en la mayoría de los casos tomar un crisol de barro ó de grafito, é introduciendo en él el metal que se desea cristalizar se le coloca al fuego y se producen temperaturas mas ó menos altas segun los cuerpos, obteniendo de esta manera su fusion ó disolucion: efectuada esta, se retira el crisol del fuego y se le pone en un baño de arena á fin de que el enfriamiento se verifique de un modo lento y gradual. Este procedimiento no solo es aplicable á los metales, sino que puede hacerse extensivo á algunos metaloides, tales como, por ejemplo, el azufre. Si se quiere cristalizar este mineral por medio del calor, no hay mas que colocar un fragmento de él en un crisol, y elevando la temperatura á 170° próximamente se fundirá, esto es, pasará del estado sólido al líquido; si despues se enfria convenientemente, y se rompe el crisol, se notarán agujas prismáticas correspondientes á un prisma romboidal oblicuo, cuyas formas son diferentes de las que presenta el azufre natural, supuesto que cristaliza en octaedros prolongados que pertenecen á un prisma romboidal recto.

Hay otros cuerpos que no se funden sino con el intermedio de varias sustancias, denominadas *fundentes*, siendo entre otras las mas principales el borato sódico, fosfato sódico amónico, carbonato potásico, cianuro potásico y ácido bórico, cuyas sustancias son á la vía seca ó accion del calor lo que los diferentes liquidos á la vía húmeda, y en este caso, la distinta temperatura empleada ó la evaporacion del vehículo usado, determinan las cristalizaciones. Este procedimiento se considera como uno de los medios mas enérgicos de cristalizacion, habiendo llegado á obtener algunos físicos y mineralogistas, mediante él, cristalizar la esmeralda, topacio, zafiro, etc., que si bien es cierto los cristales obtenidos son de pequeño volúmen, no por esto dejan de presentar todos los caractéres de las piedras finas indicadas.

Existen además algunas sustancias mineralógicas, como verbi-gracia el arsénico, ácido arsenioso y arsénico y otras que, colocadas en vasijas cerradas y elevando la temperatura, tienen la propiedad de volatilizarse, es decir, pasar del estado sólido al gaseoso, fenómeno que se designa con el

nombre de *sublimacion*: si estas sustancias volatilizadas se enfrian de una manera gradual y sucesiva, se convierten en sólidas y se depositan en forma de cristales en la parte superior de la vasija ó aparato en donde se haya hecho la evaporacion. La sublimacion, ya sea directa ó indirecta, no se obtiene con facilidad en los laboratorios químicos y mineralógicos, pero la naturaleza parece que se ha valido frecuentemente de este medio en muchos de los cristales que se encuentran en los filones metálicos, aguas termales ó calientes y en los volcanes.

CRISTALIZACION POR LA VIA HUMEDA

El 2.° procedimiento, y el que por lo comun se usa en los laboratorios para obtener cristales, es la vía húmeda ó sea la disolucion de los minerales en los líquidos. Basta para esto, disolver un cuerpo en el agua ú otro líquido, y dejar que la evaporacion espontánea unas veces, y otras mediante una temperatura mas ó menos elevada, sustraiga el disolvente empleado; de este modo, se consiguen cristalizaciones. Conviene, sin embargo, tener presente que la evaporacion del líquido se ha de verificar con lentitud, porque si aquella fuera rápida podria arrastrar consigo partículas de la materia disuelta. Es necesario tambien, en muchos casos, filtrar las disoluciones para hacer desaparecer las sustancias extrañas, porque de no hacerlo así se obtendrian cristalizaciones imperfectas. A la primera molécula que se deposita en el fondo de la vasija se la denomina *núcleo*, alrededor del que se van agregando las demás para llegar á formar así un todo regular ó geométrico. A fin de acelerar la cristalizacion suele á veces introducirse en la vasija un pequeño cristal de la misma sustancia que sirve de núcleo.

Las causas que contribuyen esencialmente en la cristalizacion por medio de los líquidos, modificando y hasta cambiando en muchos casos la forma cristalina del mineral, ó bien dando orígen simplemente á meros principios de cristalizacion, son entre otras mas importantes las siguientes: 1.ª naturaleza del disolvente; 2.ª la presencia de otras materias disueltas; 3.ª la cantidad mayor ó menor del líquido; 4.ª la naturaleza ó forma de la vasija; y 5.ª la distinta colocacion que tengan las primeras moléculas cristalinas.

En la inmensa mayoría de cristalizaciones obtenidas por la vía húmeda, el disolvente que se emplea es el agua, que arrastrada en muchos casos por las primeras moléculas cristalinas, llamadas tambien *embriones*, forma parte de los cristales, designándose por esta causa *agua de cristalizacion*; así como se denominan *aguas madres*, á la parte que queda de ella, y en la que no pueden obtenerse nuevas formas cristalinas.

Además de las condiciones esenciales que se han manifestado y que contribuyen directamente á la cristalizacion, esto es, «disgregacion molecular y sustraccion del disolvente,» son necesarias tambien otras secundarias y de las cuales no puede prescindirse, porque influyen tambien como las primeras en la cristalizacion de los minerales. Estas causas son: 1.ª «el reposo;» 2.ª «el tiempo que debe durar la cristalizacion;» y 3.ª «el espacio que ofrezca la vasija donde se haga la operacion.»

Tales son, en resúmen, los procedimientos que se conocen para conseguir la cristalizacion de muchas sustancias en nuestros laboratorios. La naturaleza debe haberse valido y se vale de medios idénticos y de otros ignorados; pero de los que nosotros disponemos son muy débiles relativamente á los que pone en juego aquella, por cuanto sus grandes presiones, temperaturas muy elevadas, corrientes eléctricas, etc., no pueden ser comparadas con las nuestras. De aquí sin duda la grande variedad y número que presentan los cristales naturales, y que en el primer momento hacen dudar de la importancia é interés de su estudio, así como de la facilidad de hallar las leyes que han presidido á su formacion; pero examinando estas formas con detenimiento, se observará inmediatamente que pueden reducirse á un número muy limitado, cuyas variaciones y modificaciones se hallan sujetas á principios fijos y permanentes. Todo lo cual viene á manifestar el grande interés que ofrecen los caractéres geométricos, porque si bien las sustancias amorfas ó sin forma propia son las mas numerosas, la llamada «especie mineralógica,» no queda bien definida sino cuando el mineral presenta la misma composicion é idéntica forma cristalina.

GENERALIDADES DE LOS CRISTALES

Los elementos de que constan los cristales son: «caras ó planos, aristas ó ángulos diedros y esquinas ó ángulos sólidos.» Se llaman «caras» (figura 1) las superficies ó planos

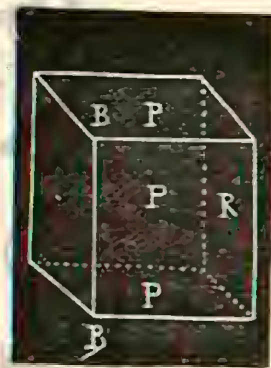


Figura 1.—Caras

que terminan el cristal, y por lo general á cada cara P corresponde otra P' que es paralela con la primera. Las caras de los cristales se cortan constituyendo siempre ángulos salientes y jamás entrantes. Se designan con el nombre de «aristas» las líneas B B, interseccion de dos planos ó caras; estas líneas, como se ha indicado, se llaman tambien «ángulos diedros;» así como los ángulos sólidos están formados por la reunion de tres ó mas planos B B. En todos los cristales hay un punto tal, que toda recta que pasa por él y va á terminar en los planos se halla dividida en dos partes iguales; este punto se denomina «centro» del cristal.

EJES CRISTALINOS.—Las lineas rectas ideales que pasan por el centro del cristal y alrededor de las cuales se hallan simétricamente colocados los demás elementos, se denominan «ejes cristalinos.» Pueden obtenerse ya sea uniendo los centros de las caras opuestas, ya los puntos medios de los ángulos diedros ó los vértices de los ángulos sólidos opuestos. Se llama *eje principal* aquel que determina una simetría mas perfecta que los demás, los cuales reciben á su vez el nombre de «secundarios.»

De lo anteriormente dicho se deduce, que las condiciones indispensables que han de tener los minerales para que puedan considerarse como cristales todos son: 1.ª que las caras sean planas y nunca curvas; 2.ª que los elementos estén sujetos, bien sea en conjunto, bien en parte, á una línea central; 3.ª que las caras sean paralelas dos á dos; y 4.ª que los ángulos han de ser salientes y jamás entrantes.

Estas condiciones, sin embargo, parece que faltan algunas veces, induciendo en este caso á errores mas ó menos graves, pero se sale de ellos en el momento que se someten los cristales á un exámen detenido y exacto. El diamante, por ejemplo, ofrece caras curvilíneas en vez de planas, particularidad que hace que este mineral presente cierta convexidad, la cual desaparece tan luego como se estudian con algun detenimiento sus caras; con efecto, examinadas aislada-

mente las caras del diamante, se ve que son perfectamente planas.

La anomalía citada puede proceder en ciertos ejemplares de la elevadísima temperatura que hayan sufrido al tiempo de cristalizar, presentando en este caso sus caras convexas. Existen otras sustancias mineralógicas que á primera vista ofrecen ángulos entrantes en vez de salientes, siendo el caso mas notable que puede citarse el que presenta la variedad de casiterita, denominada «pico de estaño;»pero esta anomalía desaparece del mismo modo que la anterior, tan luego como se examinan con algun detenimiento los cristales de la variedad indicada; efectivamente, se ha visto que sus ángulos entrantes no son sencillos, sino compuestos, hallándose formados de dos cristales que mutuamente se penetran en una posicion determinada; este ángulo entrante, que no pertenece á ninguno de los dos cristales, se encuentra situado en la interseccion de las dos caras que se cortan ó penetran, observándose, además, que aislado cada uno de los cristales que contribuyen á formar el ángulo entrante, sigue las leyes generales de la cristalizacion, esto es, que consta de ángulos salientes y nunca entrantes.

DIVISION DE LAS FORMAS REGULARES.—Como se acaba de manifestar, las formas regulares de los minerales presentan verdadera simetría, determinada por la igualdad de paralelismo de sus planos y aristas, así como por la identidad que ofrecen sus vértices y por la existencia de un punto céntrico.

Pero como estos poliedros son muy numerosos, ha sido necesario, para llegar á comprenderlos, establecer algunas divisiones que desde luego facilitan su estudio. Se denominan «formas simples» las que se encuentran determinadas por planos semejantes entre sí, y en las cuales todos los elementos de que constan son precisos para formar un poliedro único; «compuestas» aquellas que están constituidas por la combinacion de elementos de las formas simples. Las formas simples mas comunes que presenta la naturaleza son el octaedro, cubo, romboedro, prismas, siendo los mas comunes de estos últimos el prisma de base exagonal, rectangular, romboidal y de base cuadrada. Las «facetas» ó caras pequeñas que se observan en las formas compuestas, se deben á las modificaciones conocidas con los nombres de «truncadura, biselamiento y apuntamiento.» Se dice que en un mineral se ha efectuado una truncadura, siempre que un ángulo sólido ó diedro ha sido reemplazado por un plano; biselamiento, cuando la modificacion que sustituye á un ángulo sólido ó á una arista está formada de dos caras semejantes que se cortan, dando orígen á un ángulo mayor que aquel á quien han reemplazado; finalmente, el apuntamiento resulta de la sustitucion de un vértice ó sea un ángulo sólido por varios planos.

LEYES CRISTALOGRAFICAS

Si percutimos con un martillo un ejemplar de sal comun, de galena, etc., los fragmentos que resultan serán cubos; si se hace la misma operacion con el espato de Islandia se dividirá en fragmentos que ofrecerán la forma romboédrica. Este resultado se obtiene casi siempre en los indicados cuerpos y otros varios mediante la «exfoliacion,» ó sea levantando capas por medio de un cuchillo ú otro instrumento cortante. Cada una de las láminas que se separan están formadas por la reunion de sólidos que presentan mayor grado de cohesion en la direccion de la lámina que en otra cualquiera; la direccion de estas láminas es siempre constante en la misma especie mineralógica, hasta el punto que el sólido regular que se obtiene por el levantamiento de las capas presenta ángulos iguales en un mismo mineral, recibiendo aquel el nombre de «sólido de crucero,» así como «planos de juntura» las superficies que el crucero, ó sea la exfoliacion, pone de manifiesto.

La exfoliacion, del mismo modo que los cristales, tiene tambien sus leyes generales, siendo entre otras las mas principales las siguientes: 1.ª en un mismo mineral las exfoliaciones ó cruceros se encuentran dispuestos semejantemente, y forman ángulos constantes entre sí y con las mismas caras del cristal; 2.ª si existen tres exfoliaciones ó cruceros, forman por su reunion un sólido que ofrece idénticos ángulos para una misma especie; 3.ª cuando los minerales presentan mas de tres cruceros, se dividen estos en principales y secundarios; 4.º en un mismo mineral el grado de limpieza que ofrecen los cruceros, está en relacion con la naturaleza de las caras.

A pesar de que la exfoliacion es carácter muy frecuente en los minerales, hay algunos en los que cuesta mucha dificultad poder estudiar esta particularidad; en otros únicamente se hace constar la exfoliacion por el exámen de ciertas líneas que están trazadas en las caras del cristal, existiendo algunos en que el crucero se aprecia únicamente por medio de ciertos reflejos ó puntos brillantes que se perciben mediante la accion de la luz.

Admitida la teoría de la exfoliacion, aun para aquellos minerales que no poseen la particularidad de dividirse en láminas, se puede muy bien suponer desde luego un núcleo interior ó central, al rededor del cual están dispuestas las caras del cristal de un modo simétrico. A este núcleo central, con frecuencia hipotético, puesto que no llega á obtenerse en varios casos, y distinto, aunque pocas veces, del sólido de crucero, denominó Haüy forma «primitiva ó fundamental de los minerales,» mientras que dió el nombre de «formas secundarias» á los cristales que se derivan de la forma primitiva, bien sea mediante las láminas de crucero, ó por las modificaciones debidas á la truncadura, bisilamiento y apuntamiento.

SISTEMAS Y TIPOS CRISTALINOS

Los cristales ofrecen por lo comun facetas ó planos pequeños en sus aristas ó ángulos sólidos que ocultan ó enmascaran la forma dominante ó poliedro completo; estas caras pequeñas que se introducen en los cristales originan un prodigioso número de variedades de formas, cuyo estudio, si no se sometiera á ciertas reglas, seria punto menos que imposible; pero si se observa un cubo que se presenta truncado en sus ángulos sólidos, aunque las superficies de truncadura sean muy extensas, se podrá apreciar, no obstante, la verdadera forma cúbica, y se dirá que el mineral cristaliza en cubos, como cuando el poliedro se presenta completo. Si las truncaduras indicadas llegan á adquirir su máximo desarrollo, resultará un octaedro, cuya forma se deriva como es consiguiente del cubo; otro tanto se nota si aparecen truncaduras en todas las aristas del cubo, cuyas truncaduras, si se hallan muy extendidas hasta el punto de hacer desaparecer las primitivas, originan el dedocaedro romboidal; por último, si la forma cúbica indicada ofreciera biselamientos en todas sus aristas, resultaria un exatetraedro ó sea el cubo piramidado de algunos cristalógrafos. Todas estas modificaciones se hallan sometidas á ciertas leyes, de tal modo que pueden referirse las formas unas á otras, y reuniendo todas aquellas que sean compatibles, se formará un grupo genérico que recibe el nombre de «sistema cristalino,» así como se llamará «tipo» la forma elegida entre todas las demás que sirve como de unidad cristalina ú orígen de las que constituyen el gru-

po. Se define, pues, el «sistema cristalino» diciendo que es el conjunto de formas que ofrecen ejes semejantes y que pueden derivarse todas de una misma forma que se toma por tipo ó como punto de partida.

Cuando una forma cualquiera sea incompatible con las que se han estudiado, se constituirá con ella un nuevo grupo, se agregarán todas las que en virtud de las leyes cristalográficas se refieran á ella, y tomando una como tipo se formará un nuevo sistema; y procediendo de una manera idéntica en todas las formas que se estudien, podrán clasificarse perfectamente.

La mayoría de los cristalógrafos han reducido todas las formas regulares á seis sistemas cristalinos; sin embargo, Weis y Mohs no admiten mas que cuatro y Nauman siete. La forma tipo puede ser cualquiera de las que el sistema presente, pero casi siempre se elige la mas general y sencilla; Haüy prefirió la forma octaédrica; los cristalógrafos posteriores se han valido de los prismas, porque son mas co-

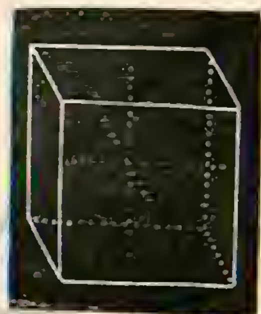


Fig. 2.—Cúbico

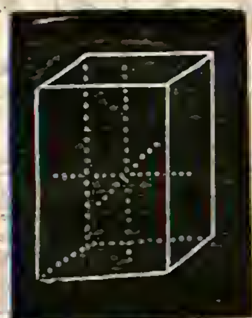


Fig. 3.—Prisma recto de base cuadrada

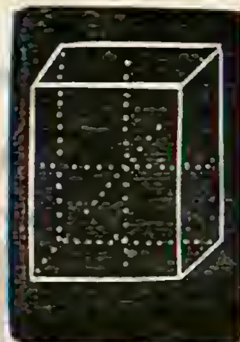


Fig. 4.—Prisma recto rectangular



Fig. 5.—Prisma oblícuo romboidal

munmente la forma dominante, siendo al propio tiempo la derivacion que de ellos se obtiene mas fácil y sencilla.

Los ejes de los cristales pueden ser respecto á su inclinacion *rectos* y *oblícuos*, y en cuanto á su magnitud *iguales* ó *desiguales*; los ejes rectangulares comprenden tres sistemas; y los oblícuos otros tres.

En el primer caso, es decir, cuando los ejes son rectos, si los tres ejes son iguales determinan el cubo; si dos son igua-



Fig. 6.—Romboédrico



Fig. 7.—Prisma oblícuo no simétrico

les y el tercero desigual, el prisma recto de base cuadrada; si son desiguales, el prisma recto de base rectangular.

En el segundo caso, ó cuando los ejes son oblícuos, si estos son iguales determinan el romboedro; si hay dos iguales y uno desigual, el prisma oblicuo simétrico; y si los tres son desiguales, el prisma oblicuo asimétrico.

Haüy, como se ha indicado, tomando por tipo de sus sistemas la forma octaédrica, admitió seis grupos; á saber: «1.° sistema octaédrico; 2.° romboédrico; 3.° octaédrico de base cuadrada; 4.° octaédrico de base rectangular; 5.° el prisma oblicuo de base oblícua simétrica; 6.° el prisma oblícuo de base oblicua no simétrica.

Beudant acepta tambien seis sistemas que son los siguientes: «1.° tedraédrico; 2.° romboédrico; 3.° prisma recto de base cuadrada; 4.° prismático rectangular de base rectangular; 5.° prismático oblicuo de base rectangular; 6.° prismático oblicuo de base paralelógramo oblicuángulo.

Por último, Dufrenoy, cuya clasificacion adoptaremos en esta obra, tomando por base los prismas, admite tambien seis sistemas, que son: «1.° cúbico (fig. 2); 2.° prisma recto de base cuadrada (fig. 3); 3.° prisma recto rectangular (fig. 4); 4.° romboédrico (fig. 5); 5.° prisma oblicuo romboidal (fig. 6); 6.° prisma oblicuo no simétrico (fig. 7).»

El método empleado en las obras de cristalografía para estudiar cada uno de estos sistemas consiste en precisar bien la forma tipo, y por medio de truncaduras, biselamientos y apuntamientos sometidos á las leyes generales de simetría, observar las formas secundarias ó derivadas que se originan. Pero estas cuestiones, como otras muchas mas ó menos importantes, son ajenas á una obra de esta índole, limitándonos á indicar los tratados de cristalografía de Haüy, Dufrenoy y Delafosse para aquellos de nuestros lectores que deseen adquirir conocimientos mas extensos sobre este punto.

LEY DE SIMETRÍA

Una observacion detenida sobre los cristales ha justificado que las modificaciones que estos ofrecen no se ven indistintamente en esta ó en la otra parte del cristal, sino que se hallan sometidas á una ley descubierta y llamada por Haüy *Ley de simetría*. Si se examina, por ejemplo, una arista ó un ángulo sólido truncado de un cubo, sin necesidad de observar las demás aristas ó ángulos sólidos puede afirmarse que unas y otras tienen la misma truncadura; otro tanto puede decirse de los ocho ángulos sólidos que presenta el prisma recto de base cuadrada, puesto que todos son semejantes; por el contrario, si se examinan los ángulos sólidos de un prisma oblicuo asimétrico, se verá que las modificaciones debidas á las truncaduras, biselamientos ó apuntamientos, son distintas unas de otras. Generalizando Haüy las observaciones que hizo sobre muchas sustancias cristalizadas, dedujo los dos principios siguientes: «1.° partes de la misma especie se modifican á la vez y de la misma manera; 2.° partes de diversa especie se modifican aislada ó distintamente.» Se denominan caras de la misma especie las que siendo iguales se hallan en la misma posicion relativa; aristas de la misma especie, cuando se encuentran en la interseccion de planos iguales y que forman entre sí ángulos diedros idénticos; ángulo sólido de la misma especie, cuando los ángulos planos que los constituyen son iguales.

HEMIEDRIA.—A pesar de las dos leyes generales expuestas, se observan en los cristales algunas excepciones notables, siendo entre otras las mas esenciales las que presentan la pirita de hierro y la boracita (fig. 8); estos dos minerales cristalizan en cubos y no ofrecen en ciertos casos mas

que la mitad de las modificaciones que segun la ley general debieran tener; así es que de sus ocho ángulos sólidos, cuatro suelen presentarse truncados y los otros cuatro no sufren modificacion alguna. Haüy ya estudió estas anomalías, y analizadas hoy con mas detencion, se ha dado á los cristales que las presentan el nombre de «hemiedros,» que quiere significar medios cristales, así como se llaman

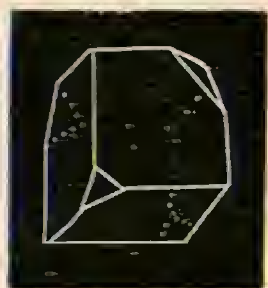


Fig. 8.—Boracita

«holoedros» á los cristales completos, es decir, aquellos que presentan modificaciones idénticas en las partes de la misma especie.

RELACION ENTRE LA COMPOSICION QUÍMICA Y LA FORMA.—En virtud de gran número de observaciones que se han verificado en los minerales, se han deducido los dos siguientes principios fundamentales, y que el célebre mineralogista Haüy los consideró como absolutos: «1.° minerales de igual composicion química corresponden al mismo sistema cristalino, y el valor del ángulo diedro de la forma primitiva es el mismo; 2.° minerales que se diferencian en su composicion química difieren tambien en el sistema cristalino y varía el ángulo de su forma primitiva.»

Estos dos principios han sido modificados algun tanto á causa de los descubrimientos de Mitscherlichs y otros químicos y mineralogistas modernos, que han visto que al primer principio pueden oponerse ó servir de excepcion los cuerpos «dimorfos y polimorfos,» y al segundo los «isomorfos.»

DIMORFISMO.—Existen algunos cuerpos, tales como la cal carbonatada de Haüy ó carbonato de cal de los químicos, que unas veces se presenta cristalizada en romboedros del sistema romboédrico, y otras en prismas exagonales que corresponden al prisma rectangular recto, formas enteramente incompatibles y que han sido causa de que en la especie carbonato de cal se admitan dos subespecies, el espato de Islandia, cristalizado en romboedros, y el aragonito, en prismas exagonales. Haüy, consecuente con sus principios, supuso que la variabilidad de forma en esta especie era debida á que en el aragonito existia una pequeña cantidad de carbonato de estronciana; pero observaciones posteriores han probado hasta la evidencia que hay aragonitos en los que no se ha encontrado el mas ligero indicio del referido óxido metálico, y, sin embargo, cristalizan en prismas rectangulares. Como sustancias dimorfas pueden citarse tambien el azufre, cobre y pirita de hierro, y aun el hierro oligisto, segun algunos mineralogistas, y otras especies menos comunes. Se concibe muy bien que el fenómeno del dimorfismo, siendo una excepcion al primer principio establecido, disminuiria notablemente el valor de este, si el número de cuerpos dimorfos fuera considerable, pero por fortuna, de setecientas y tantas especies que se conocen cristalizadas, solo quince ó veinte son dimorfas. Algunos cristalógrafos usan la palabra «isomeria» en vez de dimorfismo, pero en modo alguno deben admitirse como sinónimas, porque la isomeria es mas general, y abraza no solo la distinta forma cristalina, sino las diferentes particularidades físicas que tienen los minerales de igual composicion química; así, por ejemplo, el grafito y diamante se reputan como cuerpos isoméricos y no como dimorfos, supuesto que en realidad el primero no cristaliza por lo comun, mientras que el diamante se presenta en octaedros. Se cree por la mayor parte de los mineralogistas que el dimorfismo reconoce por causa las diversas circunstancias bajo las cuales se ha efectuado la cristalizacion de una misma sustancia: así, el cobre fundido cristaliza en prismas rectangulares rectos, y el precipitado de una disolucion salina sobre una lámina de hierro presenta la forma cúbica; el azufre disuelto en el sulfido de carbono cristaliza por evaporacion en octaedros derivados de un prisma romboidal recto, y el fundido cristaliza por enfriamiento en agujas prismáticas derivadas de un prisma oblicuo simétrico.

POLIMORFISMO.—Los minerales que teniendo igual composicion química ofrecen tres ó mas formas incompatibles, se denominan «polimorfos:» raros son los ejemplos que la naturaleza presenta de cuerpos polimorfos, pudiendo citarse como uno de los mas notables el rutilo ó ácido titánico.

ISOMORFISMO.—Fenómeno que consiste en que minerales de diversa composicion química presentan, no obstante, formas regulares iguales. Así, la pirita de hierro, ó sea el sulfuro de este metal, la sal comun ó cloruro de sodio, la fluorina ó fluoruro de calcio, ofrecen formas cúbicas que en nada difieren unas de otras, estando considerados como cuerpos isomorfos. Pero Mitscherlichs usa la palabra isomorfismo para indicar los minerales que, ofreciendo la misma composicion atómica, tienen la particularidad de reemplazarse en las combinaciones sin cambiar las cantidades atómicas ni su forma cristalina. La cal, la magnesia, el óxido de hierro y el de manganeso se combinan con el ácido carbónico para constituir carbonatos de las referidas bases, las que pueden sustituirse unas á otras sin alterar la fórmula atómica mas que en el metal que se une al oxígeno para formar la base, ni tampoco cambia la forma romboédrica que cualquiera de ellos afecta; pero á pesar de que todos estos carbonatos cristalizan en romboedros, se diferencian, no obstante, en el valor del ángulo diedro que cada uno ofrece, por cuya razon algunos mineralogistas los designan con el nombre de «plesiomorfos,» esto es, vecinos ó análogos, y dejan la palabra isomorfos para los minerales que, como la pirita de hierro, sal comun, fluorina, diamante, etc., cristalizan en el primer sistema ó sea en el cúbico.

CONSTANCIA EN EL VALOR DE LOS ÁNGULOS.—Romé de Lisle, despues de haber medido los ángulos diedros de distintos ejemplares de un mismo mineral, dedujo que el valor de estos ángulos es constante en una misma especie mineralógica: el ángulo diedro del carbonato de cal romboédrico ofrece siempre que es puro 105° 5'; el carbonato de cal y magnesia 106° 15'; el cristal de roca, cuando se presenta en prismas exagonales apuntados por pirámides exagonales, ofrece siempre un ángulo de 141° 41' en las inclinaciones de cada cara de la pirámide con la correspondiente del prisma; este resultado obtenido en los cristales citados y otros muchos, da un grande interés á la medicion de los ángulos diedros de los cristales, puesto que pueden diferenciarse muy bien dos especies que afectan la misma forma; además á cada cristal que se mide, responden multitud de otros esparcidos en la corteza terrestre que son una copia fiel y exacta del observado primeramente.

VARIACIONES DE LOS ÁNGULOS PRODUCIDAS POR LA ACCION DE LA TEMPERATURA.—Monsieur Mitscherlichs ha sido el primero que notó que el valor del ángulo diedro de los cristales es variable segun la temperatura en que se hace la observacion, pudiendo cambiar de 10 á 12 minutos de 0 á 100° de temperatura, y hasta 15 ó

20 minutos, si la temperatura es idéntica á la del aceite cuando hierve. Estas modificaciones, que son una nueva excepcion á las leyes generales de cristalizacion, reconocen por causa sin duda la diversa dilatabilidad en el sentido de los distintos ejes cristalinos, puesto que en los cristales del sistema cúbico, cuyos ejes son iguales, no se observa diferencia de ningun género. A pesar de lo indicado, como las diferencias entre 0 y 100° de temperatura son tan pequeñas, pueden considerarse como insensibles para las temperaturas atmosféricas en que se verifica la observacion.

VARIACIONES PRODUCIDAS POR LA MISMA COMPOSICION.—La constancia de los ángulos diedros solo se nota en los cristales químicamente puros, pues si su composicion se encuentra alterada varía el ángulo diedro, á no ser que la materia extraña proceda de una mezcla mecánica. Así el romboedro del carbonato de cal, cuando esta sustancia es pura, está representado por 105° 5'; pero si existe además una pequeña cantidad de óxido de magnesio ó de óxido de manganeso, el ángulo varía, aumentando en el primer caso y disminuyendo en el segundo.

MEDICION DE LOS ÁNGULOS DIEDROS.—Como se ha indicado, la medicion de los ángulos diedros de los cristales es de gran importancia para el reconocimiento de las especies mineralógicas. Así lo han comprendido Romé de Lisle, Carangeot, Haüy, Babinet, Wollaston, Dufrenoy, etc., cuyos mineralogistas han llegado por este medio á distinguir y aun formar especies mineralógicas. El ángulo diedro tiene por medida el ángulo plano correspondiente, esto es, el constituido por dos perpendiculares á la arista en un mismo punto y cada una de ellas en su respectivo plano. Los instrumentos inventados para medir el referido ángulo diedro se denominan «goniómetros,» dividiéndose en de «aplicacion y reflexion» segun que el valor del ángulo se mida por la simple sobreposicion del aparato á las caras del cristal, ó bien estén basados en las leyes de la reflexion de la luz.

GONIÓMETRO DE APLICACION.—El que se emplea generalmente es el inventado por Carangeot y reformado y usado mas esencialmente por el célebre mineralogista Haüy: consiste este instrumento en dos láminas metálicas, de las cuales una hace de diámetro en un semicírculo graduado que está unido á la indicada barra por uno de sus extremos, quedando libre por el otro á fin de poder doblar el semicírculo mediante una charnela que se halla colocada en el 90°: la otra lámina metálica, que gira fácilmente alrededor del centro, ofrece una hendidura con el objeto de dar la longitud conveniente á la parte de la lámina que se ha de sobreponer á una de las caras del mineral, objeto del exámen. Si se desea medir un ángulo diedro por medio de este instrumento, basta disponer sus láminas como si fueran las ramas de unas tijeras sobre las caras del cristal cuyo ángulo se quiera medir, procurando que la interseccion se fije bien en un sitio de la arista y que las láminas se apliquen exactamente á las caras, para determinar de este modo rectas perpendiculares á aquella. Así dispuesto el aparato, no hay mas que observar los grados que señala en el semicírculo graduado el ángulo opuesto por el vértice al que se mide en el cristal, y el número de aquellos indicará el valor del ángulo diedro.

Este goniómetro es desde luego el mas sencillo y el que mas pronto nos conduce á medir el ángulo, siempre que no se desee obtener resultados rigorosos y exactos: ofrece, no obstante, varios inconvenientes y dificultades, siendo entre otras, la de que habiendo necesidad de verificar las operaciones al tanteo, no hay una verdadera seguridad de la sobreposicion exacta de las láminas, ni que tampoco estas se hallen colocadas en un plano perpendicular á la arista; por otra parte, las divisiones del semicírculo no llegan mas que á décimas de grado, y como estas dificultades son todavía mayores si la observacion se efectúa en cristales pequeños, es necesario valerse, á fin de resolver todas estas dificultades, de los llamados goniómetros de reflexion. Los mas conocidos y usados de estos son los de Wollaston, Babinet, Mohs, Adelman, etc., cuya descripcion así como el modo de manejarlos son ajenos á una obra de esta índole.

ANOMALÍAS EN LA SIMETRÍA DE CIERTOS CRISTALES.—No es muy comun hallar en la naturaleza cristales que se presenten con la regularidad absoluta que se ha supuesto en las diversas circunstancias indicadas, puesto que, por lo comun, los cristales se hallan agrupados, disposicion que la mayor parte de las veces parece que no se encuentra sujeta á ninguna de las leyes establecidas, enmascarándose de tal modo los elementos del cristal que, para estudiar este con toda exactitud, es necesario aislarle ya sea mental ó materialmente; en los cristales aislados se observa con frecuencia que algunas de sus caras se ensanchan ó alargan á beneficio de las mas próximas, hasta el punto de que estas últimas quedan reducidas á dimensiones muy pequeñas ó llegan á desaparecer del todo; otras veces los cristales simples se reunen con simetría dando orígen á cristales dobles, triples, etc. En el primer caso, es decir, cuando los cristales simples presentan ciertas modificaciones en sus caras, resulta la anomalía llamada *obliteracion;* en el segundo, ó sea cuando los cristales simples se agrupan, constituye la *macla.*

OBLITERACIONES.—Se observa muchas veces que los minerales cristalizados en el sistema cúbico ó romboédrico ofrecen alteraciones mas ó menos notables en sus caras; así, por ejemplo, ciertos cubos de sal comun ó de espato fluor se ensanchan en un sentido dado y forman de esta manera verdaderos paralelepípedos; los apuntamientos de los prismas del cuarzo ofrecen en ciertos ejemplares tal desigualdad en las caras de la pirámide que desaparecen dos, y á veces hasta tres y cinco, no quedando mas que una sola como base inclinada del prisma. Dichas alteraciones, y otras muchas que pudieran citarse, se refieren fácilmente al sistema cristalino á que corresponden sin mas que observarlas y estudiarlas con algun detenimiento; pero existen, por el contrario, otras que cuesta gran trabajo resolverlas y colocarlas en su verdadero sistema, siendo necesario entonces un análisis mucho mas concienzudo y detenido que en el caso anterior.

Se conocen algunas formas prismáticas en las cuales se observa un alargamiento extraordinario unido á un diámetro muy corto, constituyendo así las formas denominadas bacilares, fibrosas, aciculares; tal es lo que se nota en ciertas variedades de aragonito, espato pesado, actinota ó anfibol verde, etcétera; en otros casos, por el contrario, los prismas experimentan modificaciones distintas de la anterior, esto es, se convierten en tablas, laminillas y otras formas aplastadas; por último, las formas llamadas redondeadas, esferoidales, ovoideas, cilindroideas, etc., la curvatura que se nota en las caras del diamante y de ciertas variedades de yeso, así como las estrías longitudinales que existen en los cristales de topacio, son obliteraciones que tienen el mismo ó análogo orígen que las antes citadas.

MACLAS.—Consisten en la penetracion ó inversion de dos ó mas cristales, ofreciendo casi siempre como particularidad esencial ángulos entrantes formados por los cristales que se penetran ó se invierten. Algunos autores dividen las maclas en *hemitropias* y *maclas cruciformes* ó *circulares.*

Las hemitropias se reputan como agrupamiento de dos cristales, estando invertido uno de ellos y girando alrededor del eje de revolucion que pasa por el centro de la cara co-

mun, describiendo de este modo unas veces un arco de círculo de 180 grados, y otras de 60 á 90 grados; en el primer caso, resulta la verdadera hemitropia, y en el segundo, la trasposicion. Como ejemplo notable de hemitropia puede citarse la variedad de yeso denominada en flecha; esta hemitropia procede de un prisma oblicuo simétrico, cuyas dos mitades, verificada la seccion en direccion de la diagonal mas extensa y colocadas en sentido inverso, determinan una falta de materia que hace que el mineral ofrezca la forma de una flecha. Existen además verdaderas hemitropias en el óxido de estaño ó casiterita, feldespato ortosa, anfibol negro y otras especies.

Las maclas cruciformes se forman mediante el cruzamiento de dos ó mas cristales que tienen por centro un mismo punto; el ejemplo mas notable de estas maclas lo ofrece el mineral llamado estaurotida, conocido tambien por este carácter con el nombre de piedra de cruz. Las circulares resultan del cruzamiento de mas de dos cristales prismáticos, cuyos ejes se hallan confundidos ó están en la misma direccion, disminuyéndose en algunos casos de tal modo los ejes principales de los prismas, que llegan á desaparecer por completo y se convierten en formas lenticulares y mas ó menos cortantes.

FORMAS IRREGULARES

Todas las formas no poliédricas ó geométricas que ofrecen los minerales, se denominan irregulares: en estas configuraciones, sin embargo, se observan algunos principios de cristalizacion alterada por ciertas causas accidentales, no habiendo podido completarse aquella de un modo regular por haber faltado alguna de las circunstancias de espacio, tiempo y reposo que la cristalizacion necesita siempre para que llegue á efectuarse con toda regularidad.

Mr. Beudant, fundado en las causas productoras de las formas irregulares, las divide del modo siguiente: 1.° formas irregulares debidas al agrupamiento irregular de los cristales; 2.° al movimiento de las aguas cargadas ó que llevan en disolucion diferentes sustancias; 3.° á la resistencia de los medios; 4.° á la aglutinacion; 5.° á la incrustacion; 6.° al moldeado; 7.° á la epigenia; 8.° á la petrificacion, y 9.° á la retraccion.

Delafosse, por el contrario, teniendo en cuenta no solo las causas productoras, sino la forma ó configuracion exterior, divide las formas irregulares de la manera siguiente: 1.° cristales simples alterados; 2.° agrupamientos irregulares de cristales; 3.° concreciones; 4.° pseudomorfósis ó formas heterogéneas; 5.° formas pseudo-cristalinas. Dada la altura y los conocimientos actuales, aceptaremos para describir las formas irregulares la division propuesta por Delafosse.

CRISTALES SIMPLES ALTERADOS.—Casi todos ellos se hallan descritos en las obliteraciones; así es que los cubos alargados para constituir paralelepípedos; los octaedros que ofrecen formas mas ó menos análogas á las de una cuña; los prismas exagonales, cuyas caras áxicas crecen unas á beneficio de otras, hasta el punto que algunas llegan á desaparecer convirtiéndose así el prisma exagonal en triangular; las formas cilindroideas, ovoideas, etc., se han indicado ya en las obliteraciones, por cuya razon prescindimos de repetirlas.

AGRUPAMIENTO IRREGULAR DE CRISTALES.—Entre las configuraciones mas importantes que resultan de esta causa, deben mencionarse todas aquellas que se parecen á cuerpos comunes y conocidos, por lo cual se las designa con el nombre de imitativas. Las configuraciones reniformes, globulosas, mamelonadas, redondeadas, etc., cuya definicion se comprende sin mas que su simple enunciacion, son las mas frecuentes entre estas formas originadas por el agrupamiento irregular.

Las dendritas ó arborizaciones son formas tambien debidas al agrupamiento irregular; consisten en configuraciones análogas á las ramificaciones de los árboles y originadas por la union de pequeños cristales sobrepuestos. Las dendritas son bastante comunes, ofreciendo ejemplos notables de ellas la plata, el cobre, ciertas ágatas, algunas calizas, sobre todo los mármoles de Florencia. Las formas coraloideas resultan de la reunion de pequeños cristales ó agujas que se hallan implantadas unas en otras, constituyendo ramas cilíndricas mas ó menos rectas que se anastomosan á la manera que las ramas del coral. Estas formas son frecuentes en ciertas cuevas y en las galerías de algunas minas, siendo uno de los ejemplos mas notables la variedad de aragonito, conocida con el nombre de coraloidéa.

CONCRECIONES.—Todas las configuraciones de una masa terminada por superficies redondeadas, y constituida de capas sobrepuestas alrededor de un centro ó de un eje, se llaman concreciones. Son debidas generalmente al movimiento de las aguas que llevan en disolucion ó suspendidas diferentes materias; unas veces ofrecen indicios de cristalizacion, y otras no tienen ninguna traza de esta. Las concreciones mas importantes son: las estalactitas y estalagmitas, las pisolitas y oolitas, los riñones y los cantos rodados y erráticos.

Las estalactitas (de *stalacso* que significa yo caigo gota á gota) se encuentran, por lo comun, en las grutas ó cuevas: presentan la mayor parte de las veces formas cilíndricas ó cónicas, siendo huecas en unos casos, y en otros completamente llenas. Las estalactitas mas frecuentes son las formadas por el carbonato de cal, las cuales se originan del modo siguiente: las aguas que llevan en disolucion el bicarbonato de cal ($Ca\ O,\ 2\ C\ O^2$) se filtran por las paredes del techo de las cuevas ó grutas ó por las hendiduras de algunas rocas; una gota de estas aguas se evapora y arrastra consigo parte del ácido carbónico, pasando de esta manera el bicarbonato de cal á carbonato de la misma base ($Ca\ O,\ C\ O^2$) y convirtiéndose de soluble en insoluble, se deposita en la parte superior un pequeño anillo ó núcleo, que va aumentando por la adicion gradual y sucesiva de una nueva cantidad de materia, resultado de nuevas evaporaciones; de este modo continúa creciendo en espesor y mas particularmente en longitud llegando á constituir un tubo de paredes delgadas, cuyo interior, de un diámetro generalmente pequeño, se rellena muy pronto en la mayor parte de los ejemplares, aumentando entonces la estalactita por la parte exterior. Si el carbonato de cal se encuentra completamente disuelto resultan estalactitas de aspecto cristalino, al paso que pueden tenerlo cristalino por unas partes y lapídeo por otras, cuando existen moléculas disueltas y moléculas en suspension. Las aguas que llevan en disolucion el bicarbonato de cal al caer de la bóveda ó paredes de la gruta, pierden en ciertos casos casi toda la materia disuelta, pero en otros, y es lo mas frecuente, conservan la suficiente cantidad de esta para producir, cuando llegan al suelo de las referidas grutas, un nuevo depósito en virtud de la evaporacion, resultando otra concrecion cónica que recibe el nombre de estalagmita; alguas veces se reunen por sus vértices las estalactitas y estalagmitas formando verdaderas columnas que parece que están sosteniendo la bóveda de las grutas, y que dan á estas un aspecto caprichoso y pintoresco que ha llamado y llama extraordinariamente la atencion de los que las visitan. Son célebres, bajo este punto de vista, la decantada y famosa gruta de Antiparos en el archipiélago griego; la cascada de Terni en los antiguos Estados Pontificios, la célebre gruta de Bellamar en la isla de

Cuba, la del monasterio de Piedra en Alhama de Aragon (España) y otras muchas notables por sus estalactitas y estalagmitas que tienen la particularidad de refractar y reflejar la luz en diferentes sentidos.

Puede asegurarse que el carbonato de cal es la especie mineralógica que ofrece con mas frecuencia estalactitas; pero tambien las presentan el yeso, la calcedonia, la limonita ú óxido de hierro hidratado, la magnesia, malaquita, sal comun, etc.

PISOLITAS Y OOLITAS.— Son concreciones mas ó menos redondeadas ó globulosas y de magnitud variable. La formacion de unas y otras se efectúa de un modo análogo al indicado en las estalactitas; el bicarbonato de cal, disuelto en las aguas, al convertirse de soluble en insoluble, por la pérdida de un equivalente de ácido carbónico, deposita la primera parte que de él queda libre al rededor de un grano de arena, de un cuerpo orgánico ó de otra materia en aquellos puntos en que las aguas se encuentran agitadas ó en movimiento; de este modo se forma primero un anillo ó capa que aumentando sucesivamente ó sobreponiéndose unas á otras, constituyen las pisolitas ó las oolitas. Las primeras ofrecen, por lo general, una estructura de capas concéntricas, cuyo núcleo puede ser un grano de arena ó un anillo de la misma materia que constituye la pisolita. Las oolitas presentan estructura compacta ó térrea, siendo sus glóbulos ó granos del tamaño de los huevos de los peces comunes, mientras que los de las pisolitas varian desde la magnitud de un grano de mijo al de un guisante.

La mayor parte de las pisolitas y oolitas son debidas al carbonato de cal, al óxido de hierro hidratado y al carbonato de la misma base. Existen además otras concreciones, llamadas grajea ó confites de Tívoli, que no son mas que pisolitas sueltas ó aisladas y de color blanco; se hallan en determinados puntos, tales como en Tívoli cerca de Roma, en las aguas acídulas de Vichy (Alier), en las de Carlsbad (Bohemia), etc.

CONCRECIONES RENIFORMES Ó RIÑONES.— Afectan, de la misma manera que las pisolitas y oolitas, formas redondeadas, pero se diferencian de estas, así como de todas las demás concreciones, en que se hallan diseminadas y como empotradas ó engastadas en rocas, cuya estructura y algunas veces la composicion química es diferente. Por lo comun, los riñones se presentan en masas ovoideas, esferoidales y hasta cilíndricas, siendo en muchos casos estas masas mas ó menos aplastadas ó deprimidas. Algunos mineralogistas, y entre ellos Delafosse, dividen los riñones en dos grupos que son: 1.° riñones cuya formacion se ha efectuado al mismo tiempo que la solidificacion de la roca en que se encuentran empotrados, pero que se han depositado antes que aquella se solidificara por completo; y 2.° aquellos otros que se han originado posteriormente á la solidificacion de la roca en que se encuentran: en el primer caso, si la cristalizacion de la masa se ha verificado por completo, los riñones presentan una estructura erizada de puntas cristalinas; si, por el contrario, la cristalizacion de la masa es incompleta, los riñones ofrecen en su parte interna una estructura radiada divergente; tal es lo que se nota en algunos ejemplares de la pirita amarilla de hierro. Los riñones reciben el nombre particular de *geodas*, cuando siendo de sílice ó de otra sustancia cualquiera, presentan una cavidad en su centro tapizada á veces de cristales de la misma sustancia ó de otra diferente. Los riñones de ágata que se hallan en ciertas rocas denominadas amigdaloidéas, ofrecen uno de los ejemplos mas notables de geodas; constan de una estructura de capas concéntricas y en su interior existe una cavidad tapizada de puntas de cuarzo hialino ó de amatista: hay otras geodas que contienen en su interior cristales diferentes; tal es lo que se observa en riñones de ágatas que se hallan tapizados de cristales de carbonato de cal; por último, existen algunos riñones formados por la limonita ú óxido férrico hidratado, los cuales encierran en su interior un núcleo móvil que suena cuando se agita el riñon; estos reciben el nombre particular de *etites* ó *piedra de águila*. Las concreciones reniformes que pertenecen al segundo grupo se hallan constituidas la mayor parte por las ágatas, las cuales generalmente se encuentran diseminadas en ciertas rocas ígneas, huecas casi siempre y en cuyas cavidades mediante una serie de filtraciones se deposita la sílice en capas que se van sobreponiendo desde el exterior al interior, formando así una masa de capas concéntricas. Casi todas estas concreciones se hallon tambien tapizadas de cristales de roca, de carbonato de cal, etc., pudiendo ser consideradas por consiguiente como otras tantas geodas.

CANTOS RODADOS.—Son masas de formas angulosas en su orígen, y posteriormente mas ó menos esferoidales por haber perdido sus cortes ó esquinas en virtud del rozamiento que sufren al ser trasportados á mayores ó menores distancias; teniendo en cuenta su magnitud, se denominan cantos rodados, guijos, chinas, gravas, etc. Se infiere que todos estos fragmentos se hallan en los terrenos llamados de acarreo, supuesto que, arrastrados por las aguas procedentes de las montañas y desprendidos de estas, son trasportados á mayores ó menores distancias, convirtiéndose en masas redondeadas.

FORMAS HETEROGÉNEAS.—Hay muchos minerales que afectan formas tomadas ó prestadas de otros cuerpos conocidos, pudiendo ser estos unas veces orgánicos y otras inorgánicos. Estas formas que fueron denominadas por Haüy pseudo-mórficas, que quiere significar falsas formas, y que hoy llaman los mineralogistas heterogéneas, son debidas, segun la opinion de Beudant y Delafosse, á las causas siguientes: 1.° á la infiltracion de materias extrañas y blandas; 2.° á la incrustacion; 3.° al moldeado; 4.° á la epigenia mineral ó inorgánica; y 5.° á la epigenia orgánica.

INFILTRACION DE MATERIAS BLANDAS Ó FORMAS DEBIDAS Á LA AGLUTINACION.—Cuando las aguas que contienen disuelto el bicarbonato cálcico se filtran ó atraviesan por terrenos ó sitios esencialmente movedizos, depositan la indicada sustancia, la cual al tiempo de solidificarse, por pasar de soluble á insoluble, bien sea en forma de estalactitas ó estalagmitas, ó bien en masas reniformes y aun de cristales, aglutina las sustancias ó las arenas que constituyen los terrenos, afectando estas la misma forma de la materia á quien se unen. Uno de los ejemplos mas importantes de dichas formas heterogéneas es el que se observa en la arenisca de Fontainebleau (Francia); en este punto las aguas que contenian en disolucion el bicarbonato cálcico, se filtraron á través de las arenas, y convirtiéndose esta sustancia de soluble en insoluble, mediante la evaporacion de un equivalente de ácido carbónico, se solidificó y aglutinó las arenas que tomaron la forma de romboedros agudos ó mas bien romboedros inversos, cuyo ángulo diedro está representado por 78° 50′.

INCRUSTACION. — Al solidificarse el bicarbonato de cal, los óxidos de hierro ú otros diversos cuerpos que se encuentran disueltos en las aguas, se depositan en unos casos sobre restos de plantas ó de animales y aun de individuos completos de estos séres, y en otros sobre minerales ó sustancias inorgánicas que hallan las aguas en su trayecto, y á cuyas partes cubren de una costra de mas ó menos espesor, ofreciendo la materia que se deposita un aspecto cristalino ó lapídeo, segun que la solidificacion se efectúe gradual y

sucesivamente, ó por el contrario, de una manera rápida. Se hallan en varias aguas restos de conchas ó conchas enteras, erizos de mar, algunas plantas pertenecientes á las monocotiledóneas ó acotiledóneas y ramas de las dicotiledóneas incrustadas ó cubiertas de una costra: dichas incrustaciones, que reciben el nombre de *naturales*, se están formando constantemente en todas aquellas aguas mas ó menos acídulas ó que llevan diversas materias en disolucion; pero pueden muy bien obtenerse artificialmente otras análogas y aun mas vistosas; así, por ejemplo, los naturales de Saint-Allyre y Saint-Nectaire (Auvernia) colocan vegetales, frutos, nidos de aves, canastillos, etc., de barro, mimbre y de otras sustancias, en aguas cargadas de carbonato de cal; á poco tiempo los referidos objetos se cubren de una costra caliza que ofrece un aspecto cristalino y bastante vistoso, por lo que suelen venderlos á precios bastante elevados á los viajeros y curiosos. Otro tanto se hace en las aguas de San Felipe de Toscana, habiendo sacado de ellas un gran partido el doctor Vigny y algunos otros, fabricando moldes huecos sumamente delicados y caprichosos, á los cuales hacen llegar las aguas para obtener de esta manera verdaderas incrustaciones, las que separadas con mucho cuidado reproducen en relieve todos los detalles y contornos mas insignificantes del molde. En nuestro país existen incrustaciones en distintos puntos, siendo entre otros notables los de San Miguel del Fay (Barcelona) y Antequera.

MOLDEADO.—En ciertas ocasiones las formas accidentales ó irregulares son resultado de cavidades preexistentes de varios cuerpos que hacen las veces de un molde; en unos casos, puede servir de molde un mineral, en el que destruyéndose sus cristales resulta una cavidad, la cual se rellena mas ó menos completamente por otra sustancia inorgánica, en otros, el molde podrá ser orgánico si despues de penetrar la sustancia mineral en el interior de una concha ó de ciertos zoófitos, se destruye ó desaparece el animal y no queda de él mas que la forma que se reproduce con todos sus detalles en la materia inorgánica; este molde se llama *interno* por algunos, al paso que se denominará *externo* siempre que toda ó parte de la superficie de un animal ó de un vegetal deje impresa su huella en algunas rocas neptúnicas; esta clase de moldes se designa tambien con el nombre de «impresiones.»

EPIGENIA INORGÁNICA Ó EPIGENIA PARTICULARMENTE DICHA.—No consiste mas que en la sustitucion molecular de una sustancia inorgánica por otra tambien inorgánica, tomando la que sustituye la forma de aquella á quien reemplaza. Los ejemplos mas notables que pueden citarse de epigenia, dada la índole particular de este libro, son los siguientes: la pirita de hierro, ó sea el sulfuro de este metal, se convierte en ciertas ocasiones en limonita ú óxido de hierro hidratado; el fosfato de plomo ó piromórfita en galena ó sea sulfuro de plomo; la anhidrita ó sulfato de cal anhidro en yeso ó sulfato de cal hidratado. La sustitucion de estos cuerpos principia desde luego por la capa ó lámina mas externa, de esta pasa á la segunda, de esta á la tercera, y así sucesivamente hasta llegar á la parte mas interna del cuerpo que es reemplazado, siendo, no obstante, en algunos casos incompleta la sustitucion, puesto que existen algunos ejemplares, tales como en los de pirita amarilla, en los cuales la sustitucion por el óxido férrico hidratado solo se efectúa en la superficie, permaneciendo el resto intacto. Esta especie de isomorfismo, como tan oportunamente indica Leymerie, no deja de producir dudas y confusiones cuando se trata de determinar una especie mineralógica cualquiera; pero cuyas dudas se resuelven casi siempre, teniendo en cuenta que el mineral que sustituye ofrece una estructura mas granuda que aquel á quien ha reemplazado; por otra parte, ó no existen los planos de crucero, ó de haberlos se confunden con los del mineral sustituido.

EPIGENIAS ORGÁNICAS Ó VERDADERAS PETRIFICACIONES.—Las petrificaciones se consideran como epigenias del reino orgánico, verdaderos fósiles, cuyo estudio pertenece mas bien á la geología que á la mineralogía. Consisten, á semejanza de las epigenias inorgánicas, en la sustitucion molecular de la materia orgánica por la inorgánica, afectando esta la forma y aspecto de aquella.

Una de las petrificaciones mas notables que pueden citarse es la que ofrecen las llamadas «maderas fósiles ó petrificadas,» ó sean las que habiendo estado introducidas largo tiempo en el interior de la tierra, se han convertido en sílice, ó mas bien en moléculas silíceas; la parte orgánica ha ido destruyéndose por una accion lenta y progresiva, capa por capa, ó mejor dicho molécula por molécula, siendo sustituida cada una de estas por otra de sílice que ocupa la misma posicion que aquella á quien reemplaza; en virtud de esta disposicion la verdadera piedra que resulta ofrece, no solo idéntica forma que la madera ó vegetal, sino que presenta todos los detalles de su organizacion interna, hasta tal punto, que en muchos casos puede indicarse á qué clase de plantas corresponde la madera sustituida. Hay tambien varios animales convertidos en todo ó en parte en óxido férrico, pirita de hierro, calcedonia, azufre, etc.; tal es lo que se observa con los géneros turbo, trochus, ammonites y lionsia. Las sustancias mineralógicas que comunmente sustituyen á los animales y plantas son: la caliza, la sílice anhidra, la hidratada ó sea el ópalo, los óxidos férricos hidratados y anhidros, el sulfuro de hierro, el azufre, sulfato de cal hidratado ó yeso, sulfuro de plomo ó galena, etc.

FORMAS PSEUDO-CRISTALINAS Ó FALSOS CRISTALES.—Hay varios minerales que parecen verdaderos cristales bien por su aspecto cristalino, ó porque tienen aparentemente formas prismáticas ó piramidales, pero que en realidad no lo son, debiendo su configuracion engañosa á diferentes causas físicas ó mecánicas. Se comprenden en esta clase de formas las llamadas «capilares ó filamentosas» que se producen mecánicamente en las materias fundidas, como se ve en ciertas variedades de obsidiana ó vidrio de volcanes que se presentan ó se estiran en hilos por medio de una accion mecánica; otro tanto se observa en el cobre, en la plata y otros metales que no han llegado á fundirse por completo. Las formas prismáticas ó piramidales resultan, bien sea de la retraccion regular que sufren varias sustancias volcánicas al enfriarse con lentitud, ó por la misma retraccion que experimentan las margas, arcillas y otras materias pastosas. A veces estas formas se parecen á las que ofrece un panal de cera, recibiendo el nombre de Ludus Helmontti cuando sus huecos están llenos.

ESTRUCTURA

La forma interior de los minerales, ó el aspecto y colocacion que presentan las moléculas interiores y que se ponen de manifiesto mediante la fractura, se designa con el nombre de «estructura.» Se divide en «regular é irregular,» segun que las moléculas del mineral estén reunidas constituyendo poliedros ó, por el contrario, masas amorfas. Tanto una como otra se ponen al descubierto por medio del choque ó de la fractura, siendo preciso como es natural examinar la fractura reciente, porque la que se halla expuesta á la influencia de los agentes exteriores, experimenta cambios ó modificaciones que pueden inducir á error.

ESTRUCTURA REGULAR.—En las generalidades de los cristales se ha consignado todo lo mas importante

cerca de esta estructura propia de las formas regulares ó de los minerales verdaderamente cristalizados. Se pone de manifiesto, como queda dicho en la cristalografía, no solo por el choque sino por la exfoliacion, determinándose por medio de esta los «cruceros» y la forma «primitiva» ó núcleo de los minerales. Se observa, por lo comun, que los minerales que presentan exteriormente formas regulares, producen tambien estas mismas mediante la percusion; así si se percuten la «sal comun,» y el «espato fluor,» cada uno de sus fragmentos ofrece la forma cúbica; sin embargo, algunas especies, tales como el «cristal de roca,» presentan cuando se las fractura formas irregulares, debidas sin duda á que su superficie es tan unida y compacta, que no se puede sino por induccion suponer que se hallan compuestas de moléculas regulares.

Estructura irregular.—Sirve en Mineralogía para dividir las especies en variedades constantes en la mayor parte de los casos. Esta estructura ofrece un gran número de modificaciones que originan otros tantos nombres, tales como «dentrítica, escamosa, sacaroidea, pizarrosa, laminar, fibrosa, granuda, compacta, terrosa, celular, porosa, careada, orgánica, etc.»

Llámase dentrítica la que está constituida por pequeños cristales que, interponiéndose en la masa del mismo mineral, dan orígen á ramificaciones cruzadas en diversos sentidos, formando de este modo subvariedades de esta misma estructura que se designan con los nombres de «palmeada,» como se observa en ciertos ejemplares de galena y de mica, ó de «reticulada,» como se ve en la esmaltina ó arseniuro de cobalto; se denomina la estructura «escamosa,» cuando los minerales constan de hojuelas parecidas á escamas y fácilmente separables, como ofrece un buen ejemplo el hierro oligisto; «sacaroidea» si las laminillas son brillantes y análogas á los puntos cristalinos del azúcar de pilon, como se ve en el mármol de Carrara; «pizarrosa,» cuando constan los minerales de planos ó láminas extensas y fácilmente separables, ejemplo, la mica, las pizarras; «laminar ó espática,» si las láminas son cortas, gruesas y se entrelazan entre sí, como se observa en ciertas variedades de caliza, baritina, etcétera; «fibrosa,» la formada por la reunion de cristales mas ó menos delgados y colocados en el sentido de su longitud, recibiendo los nombres de «fibrosa particularmente dicha,» cuando los cristales son sumamente finos y la atenuacion llega á su límite, ejemplos, el yeso, amianto, malaquita; «bacilar,» si presentan cierto diámetro unido á una grande longitud, actinota, turmalina; y «acicular» cuando siendo de menor diámetro que en el caso anterior ofrecen la forma de agujas, como se ve en algunos ejemplares de aragonito; «granuda,» si constan de granos mas ó menos gruesos ó finos, ejemplo, los granitos, las variedades granudas de galena y otras muchas; «compacta,» la formada por tal acumulacion de pequeñas moléculas tan íntimamente unidas, que no es fácil distinguir en ellas el menor indicio del enlace que tienen entre sí, ejemplo, los jaspes y mármoles; «terrosa,» cuando las moléculas del mineral ofrecen una agregacion tan débil que basta para que se separen el mas pequeño esfuerzo, tal es lo que se observa en la creta, yeso terroso, kaolin y otras sustancias; «celular, porosa ó careada,» se denominan así las estructuras de la piedra pómez y otras sustancias volcánicas ó no, que ofrecen celdas, poros ó cavidades en mayor ó menor número y de distintas formas, originadas por la salida ó desprendimiento de gases á través de la materia fundida, y cuyas cavidades se han solidificado por medio del enfriamiento; «orgánica,» cuando las formas irregulares, que se han designado con el nombre de petrificaciones ó fósiles, tienen impreso en su interior el tejido de la materia orgánica á quien el mineral ha sustituido.

Se observa en muchos casos que las estructuras indicadas no se hallan completamente aisladas ni bien definidas, sino que pueden estar combinadas unas con otras, y para denominarlas es preciso emplear nombres compuestos; por esta razon, se dice estructura, «fibroso-porosa, fibroso-careada, fibroso-laminar, etc.»

FRACTURA

Se confunde generalmente la fractura con la estructura, puesto que aquella no tiene otro objeto mas que poner al descubierto la segunda, oscurecida ó enmascarada en las capas exteriores. Las modificaciones ó accidentes de la fractura se refieren, por lo comun, al lustre que presenta la nueva superficie que se pone de manifiesto mediante el choque ó la percusion; así suele decirse, «fractura vítrea, cérea, resinosa, especular, etc.,» segun que se parezca su lustre á las sustancias con quienes se compara; otras veces los accidentes de fractura se refieren á la estructura, y por esta razon se la califica de «sacaróidea, laminar, térrea, etc.» No obstante, la palabra fractura se emplea en ciertos casos para designar accidentes ó modificaciones de la estructura compacta; así se denomina esta «concóidea ó conchoidea,» cuando los fragmentos ofrecen impresiones cóncavas y convexas análogas á las valvas de las conchas, como se observa en la obsidiana y en el pedernal; «astillosa,» cuando los minerales de estructura compacta ofrecen por medio del choque fragmentos angulares y largos, análogos á las astillas de la madera ó de la leña y á las esquirlas de los huesos; «plana,» si las superficies puestas de manifiesto están muy unidas entre sí, como se nota en la llamada piedra litográfica.

CARACTÉRES MECÁNICOS

Se comprenden en este grupo todas aquellas particularidades que se refieren al peso de los minerales, así como á su mayor ó menor agregacion molecular. El peso «absoluto, relativo y específico, el estado en que se presenta la sustancia, la dureza, tenacidad, ductilidad, flexibilidad, maleabilidad y elasticidad» son las propiedades mas esenciales incluidas en esta seccion de caractéres.

Peso.—En todo cuerpo puede estudiarse el peso «absoluto, el relativo y el específico.» Se entiende por peso absoluto de un cuerpo la suma de moléculas materiales que le constituyen, ó bien la presion que el cuerpo ejerce sobre los obstáculos que se oponen á que caiga ó se dirija hácia el centro de la tierra. La presion indicada es la resultante de las acciones de la gravedad sobre cada una de las moléculas del cuerpo; de donde se infiere que esta presion será tanto mayor, cuanto mas materia tenga aquel; así que se define ó se llama tambien peso absoluto al valor de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

La presion mayor ó menor que ejerce un cuerpo sobre nuestra mano, sirve en ciertas ocasiones para diferenciar algunas sustancias mas ó menos semejantes: tal es, por ejemplo, lo que sucede con la pirita cobriza y el oro, que por su color amarillo bastante análogo en uno y otro mineral y por su aspecto exterior suelen confundirse; pero basta para distinguirlos tomar fragmentos de los indicados cuerpos, que tengan igual ó próximamente el mismo volúmen, porque la presion que ejerce en la mano el fragmento de oro será mucho mas considerable que la de la pirita cobriza; otro tanto se observaria con dos láminas una de platino y otra de plata, puesto que la primera produciria una presion por lo menos doble de la de la plata.

Peso relativo.—La relacion que existe entre el indicado peso absoluto con otro determinado que se toma por unidad, se denomina «peso relativo.» Se concibe perfectamente que esta unidad puede ser el adarme ó la onza, por ejemplo, del sistema antiguo de pesas, ó bien el gramo del sistema moderno; así cuando se manifiesta que un volúmen cualquiera de un cuerpo pesa 80 gramos, indicamos su peso relativo determinado por la unidad «gramo;» si se tomara otra unidad de peso distinta, como por ejemplo, el adarme, claro está que obtendríamos otro peso relativo diferente, pero el peso absoluto no variará en modo alguno.

Peso específico ó densidad específica (1).—La relacion que hay entre el peso relativo de dos cuerpos en volúmenes iguales, se designa con el nombre de «peso específico.» Para obtenerle con todo rigor y exactitud en las diversas sustancias mineralógicas, es necesario referirlas todas á una unidad fija y determinada; los físicos han convenido admitir como unidad de comparacion, para apreciar el peso específico de los líquidos y sólidos, el «agua destilada» á la temperatura de 4° y á la presion atmosférica de $0^m,760$; y para los gases y vapores el «aire atmosférico» á la temperatura de 0°, y á la misma presion de $0^m,760$ (2); siendo, por lo tanto, los pesos específicos de todas las sustancias mayores ó menores que los de estas dos unidades. Así, que cuando en la parte descriptiva, se dice que el espato de Islandia tiene por peso específico, 2,7, la plata 10,5, el mercurio 13,5, etc., se quiere manifestar que un volúmen de los tres minerales citados igual á otro de agua destilada, pesa 2,7, 10,5 y 13,5 veces mas que el de esta. Se comprende que en vez del agua ó del aire, se podria tomar como unidad de comparacion otra sustancia cualquiera, pero se eligen y se da la preferencia á aquellas, porque se pueden obtener en todas partes y con muy poco coste, así como por la facilidad de procurarse volúmenes iguales á los de las sustancias cuyo peso específico se desea determinar.

Los físicos emplean para apreciar el peso específico de los sólidos tres procedimientos principales, á saber: «la balanza llamada hidrostática, el gravímetro de Nicholson y el frasco de volúmen constante.» Estos métodos están fundados en el principio de Arquímedes, ó sea en que todo sólido introducido en un flúido desaloja una parte de este igual á su volúmen, y pierde de su peso una cantidad igual al peso del flúido que desaloja.

Balanza hidrostática.—Para apreciar el peso específico por este aparato se procede del modo siguiente: se pesa el cuerpo en una balanza de precision, empleando para ello el método de Bordá, ó sea el conocido con el nombre de las dobles pesadas; determinado de este modo el peso en el aire ó peso absoluto, se introduce el cuerpo en una vasija que contenga agua destilada, y para ello se le suspende por medio de un hilo muy fino de un pequeño gancho que lleva en su parte inferior el platillo de la balanza opuesto á aquel donde se han colocado las pesas necesarias para averiguar la densidad absoluta; en virtud de esta inmersion el equilibrio de la balanza se destruirá, porque el cuerpo pierde de su peso tanto como pesa el volúmen del flúido desalojado; se ve las pesas que es preciso agregar en el platillo donde se halla el cuerpo, ó bien las que hay que quitar del otro, las cuales representan el peso del volúmen de agua igual al del cuerpo, quedando reducida la cuestion á dividir el peso absoluto del cuerpo por el del agua; el cociente que resulte será el peso específico que se busca.

Frasco de volúmen constante.—El método que comunmente se usa hoy en Mineralogía para la determinacion de los pesos específicos de los sólidos, es el llamado «frasco de volúmen constante: (fig. 9)» que consiste en un frasco de vidrio con un tapon esmerilado que ajusta exactamente hasta un punto dado CD, que recibe el nombre de «punto ó línea de nivel;» el indicado tapon está atravesado en toda su longitud por un tubo capilar *b a;* si llenamos el frasco de agua y se introduce el tapon, saldrá el líquido excedente por el tubo capilar, siendo por consecuencia constante el volúmen del líquido, de cuya particularidad toma nombre el aparato. Para operar con este instrumento, se pesa primero en una balanza el cuerpo reducido á polvo; una vez obtenido el peso absoluto, se pone en el mismo platillo donde se encuentra el cuerpo el frasco de volúmen constante lleno de agua; el equilibrio en este caso se destruirá, y para volverle á restablecer será preciso agregar nuevas pesas: verificado esto, se sumerge el cuerpo en el frasco y entonces se alterará nuevamente el equilibrio, y para obtenerle habrá necesidad de separar pesas, las cuales nos indicarán el peso del volúmen de líquido desalojado; se practica la misma division que en el método anterior, y el cociente será el peso específico del cuerpo.

Existen algunos cuerpos como, por ejemplo, la sal comun, nitro, etc., que son solubles en el agua, necesitándose en este caso sustituir el líquido en cuestion por otro que no lo sea, pudiendo echar mano del alcohol, mercurio, etc., siendo preciso al propio tiempo tener en cuenta el peso específico de este líquido en relacion con el del agua destilada; es decir, que la operacion estaria reducida á dividir el peso absoluto del cuerpo por el del líquido empleado; y multiplicar despues el cociente por la densidad del mismo líquido.

Gravimetro de Nicholson.—Nicholson ha ideado un aparato que lleva su nombre por medio del cual se averigua el peso específico de los sólidos: redúcece este instrumento (fig. 10) á un cilindro hueco de hoja de lata, laton, plata, vidrio, etc., terminado en dos conos; de los cuales el superior tiene una varilla delgada que lleva una cápsula ó platillo *b*, en donde se colocan las pesas y el cuerpo cuya densidad relativa se desea averiguar; en el punto *ó* de esta varilla hay una señal llamada «línea de enrase,» porque hasta ella debe introducirse el instrumento en el agua en todas las operaciones que se practiquen: el cono inferior tiene un gancho del cual se suspende una cubeta *c*, lastrada, para que el centro de gravedad del aparato se halle mas bajo que el de presion del líquido, circunstancia precisa é indispensable para que haya equilibrio.

Para operar con el gravímetro de Nicholson, se le sumerge desde luego en una vasija que contenga agua destilada y se ponen pesas en el platillo hasta que la línea de enrase coincida con la superficie de nivel del líquido; se quitan estas pesas y se coloca un fragmento del cuerpo cuyo peso específico se quiere determinar, teniendo cuidado que aquel sea bastante pequeño para que no enrase el aparato ó quede mas bajo que la superficie de nivel del líquido; para que vuelva á enrasar, será preciso añadir nuevas pesas, y la diferencia entre estas y las primeras indicará el peso absoluto del cuerpo; averiguado este se pone el cuerpo en la cubeta, y entonces el equilibrio se alterará (en virtud del principio de Arquímedes) y para restablecerle será necesario colocar nuevas pesas en el platillo superior, las que indican la pérdida que

(1) En realidad no es lo mismo peso que densidad, porque si se supone por un momento que no haya la fuerza de gravedad, no existirá ni peso absoluto, ni relativo, ni específico, pero la densidad no desaparece y continuará subsistiendo sin alteracion de ningun género, por cuanto ni el volúmen ni la masa que son los datos precisos para determinar aquella no la experimentan. (Véase algun tratado de Física.)

(2) Estas operaciones no se practican, por lo general, á las temperaturas y presion indicadas, siendo necesario tener en cuenta las correcciones que hay que hacer en unas y otras.

experimenta el cuerpo por su introduccion en el agua, ó lo que es lo mismo, el peso de un volúmen de líquido igual al del cuerpo; en este caso queda reducida la cuestion á dividir el peso absoluto del cuerpo por el del agua, y el cociente que se obtenga será el peso específico.

Peso específico de los líquidos.—Se emplean tambien diversos aparatos, siendo los mas principales los conocidos con los nombres de «areómetros»; uno de los mas usados es el debido á Farenheit; se compone, á semejanza del gravímetro de Nicholson, de un cilindro hueco de vidrio, que en su parte inferior tiene una capacidad llena de mercurio, para que de esta manera flote siempre verticalmente, y en la superior lleva una varilla terminada por un platillo.

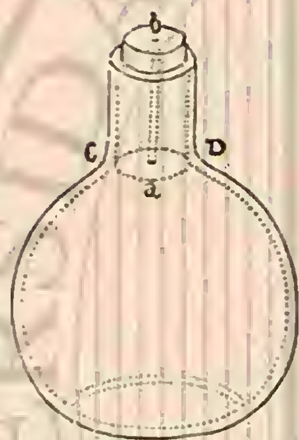


Fig. 9.—Frasco de volúmen constante



Fig. 10.—Gravímetro de Nicholson



Fig. 11.—Pinzas de turmalina

Para operar con este instrumento, no hay mas que hacerle flotar en agua destilada, sumergiéndole hasta que la línea de enrase de la varilla coincide con la superficie de nivel del líquido, cuyo resultado se consigue poniendo pesas en el platillo ó cápsula; en este caso, se desalojará un volúmen de líquido, cuyo peso será el del instrumento mas las pesas que se han puesto en el platillo. Hecho esto, se hace flotar el aparato y se le introduce hasta la misma línea de enrase en el líquido cuyo peso específico se desea averiguar, para lo que será preciso emplear pesos distintos que en el caso anterior, y esta operacion nos indicará el peso de un volúmen del líquido en cuestion igual al del agua; así se consigue tener volúmenes iguales y pesos diferentes, y la operacion queda reducida, como tantas veces se ha dicho, á dividir el peso del líquido por el del agua.

Se conocen además los «areómetros de volúmen variable,» de los cuales son una modificacion los aparatos destinados á averiguar el grado de pureza, de mezcla ó de concentracion de los líquidos, por cuya razon se denominan «pesa-sales, pesa-licores, pesa-ácidos, pesa-leches ó lactómetros,» cuya descripcion y modo de usarlos, así como los procedimientos empleados para la determinacion del peso específico de los gases, corresponde mas bien á un tratado de física que á uno de mineralogía.

Valor de este carácter.— El peso específico, como se ha indicado, es propiedad de gran importancia, para la distincion de las especies; supuesto que está relacionado con la naturaleza y estructura del mineral. Sin embargo, varía notablemente en los individuos de la misma especie; y de las observaciones y experimentos practicados se ha venido á deducir, que los ejemplares cristalizados pesan mas que los compactos, estos mas que los hojosos, fibrosos y terrosos; que el peso específico es diferente si se hace la operacion en diversas partes de un cristal, sea la exterior ó la interior, ó los ángulos sólidos y aristas; así, por ejemplo, el cuarzo incoloro ofrece en cristales pequeños un peso específico representado por 2,6541; en cristales grandes, 2,6532; en masas trasparentes, 2,6531; fibroso, de fibras paralelas, 2,6365; fibroso con fibras divergentes, 2,6359; granudo ó mas ó menos compacto, 2,6361; pero si todas las variedades citadas se reducen á polvo ofrecerán el mismo peso específico, representado por 2,72. A pesar de esto, el peso específico pierde algun tanto su importancia como carácter mineralógico, supuesto que es preciso tomar muchas precauciones para llegar á su apreciacion, así como tener en cuenta las correcciones de temperatura y presion que hay que hacer en los diferentes experimentos; además, existen especies mineralógicas de pesos específicos tan idénticos, que si se quisiera establecerlas mediante este solo carácter, se cometerian grandes errores reuniendo en una misma minerales muy distintos; así, por ejemplo, el diamante tiene un peso específico representado por 3,55, y el topacio incoloro 3,54 ó 3,55, cuya densidad nos llevaria á incluirlos en la misma especie, siendo así que sus demás propiedades físicas y químicas son muy diferentes.

Pero si el peso específico no sirve aislado para distinguir las especies mineralógicas, unido á otras particularidades, tales como la dureza, lustre y aun propiedades eléctricas, es un gran auxiliar para el joyero que desee reconocer muchas piedras finas entre sí y diferenciarlas al propio tiempo de las falsas.

COHESION Y AFINIDAD

Se consideran como dos fuerzas que tienden á unir respectivamente partículas de igual ó de diversa naturaleza, siendo una y otra consecuencia de la fuerza denominada «atraccion,» así como esta á su vez no viene á ser mas que un caso particular de la «gravitacion universal.» El estado en que se presentan los minerales, la dureza, tenacidad, elasticidad, flexibilidad, maleabilidad y ductilidad son las propiedades que dependen esencialmente de la cohesion y afinidad.

Estados de los minerales.— Las diferentes sustancias inorgánicas que son objeto de la Mineralogía pueden afectar los estados «gaseoso, líquido ó sólido;» se presentan constantemente gaseosos á la temperatura y presion ordinaria, el ácido carbónico, el hidrógeno sulfurado ó gas de los comunes, el ácido sulfuroso ó gas de las pajuelas y algun otro menos frecuente é importante que los citados; en estado líquido tenemos el agua, ácido sulfúrico ó aceite de vitriolo, azogue, nafta y petróleo; y en el sólido el oro, platino, plata, yeso, diamante y en general casi todos los minerales.

Dureza.—Por lo comun, se designan con este nombre particularidades muy distintas de los cuerpos; así, por ejemplo, se indica que estos son duros, bien sea porque no se rompen fácilmente por medio del choque, ó porque no ceden por medio de la compresion ó no se dejan rayar por la uña, navaja ú otro instrumento cortante. Pero si se examinan con algun detenimiento estas diversas especies de resistencia, se verá que no existe entre ellas una relacion directa; así se nota, que un mineral que resiste la accion del choque se deja penetrar ó rayar, por el contrario, por medio de la na-

vaja ó una punta de acero; el diamante, científicamente considerado, es el cuerpo mas duro de todos los que se conocen, pero se deja romper fácilmente por medio del martillo. Y sin embargo, el diamante se deriva de la voz griega «adamas,» que quiere decir indomable, porque suponian los antiguos que colocado este cuerpo sobre un yunque resistia los golpes del martillo, lo cual prueba que nunca lo sujetaron á este procedimiento, pues de hacerlo hubieran visto que dicha piedra es muy frágil.

En Mineralogía se entiende por «dureza,» la resistencia que oponen los cuerpos á ser penetrados por un instrumento cortante, ó á ser rayados ó desgastados por otros.

El grado de dureza es diferente, aun para los minerales de la misma composicion química, ó que pertenecen á igual especie mineralógica, influyendo tambien de un modo mas ó menos directo los planos de crucero y el agua, ya esté en estado de mezcla ó de combinacion. Así, se observa, que el diamante y grafito que ofrecen la misma composicion química (carbono puro) tienen, no obstante, dureza muy diferente, puesto que el primero es el cuerpo mas duro de todos, y el segundo se deja rayar por la uña; esta distinta dureza reconoce por causa la diversa agregacion molecular; de la misma manera, y á consecuencia del crucero, el yeso cristalizado es mas blando que el compacto: así como la sílice anhidra es mas dura que la hidratada. El modo cómo se efectúa el ensayo puede suministrar diferentes grados de dureza, debidos no á condiciones especiales del mineral, sino á circunstancias hijas del ensayo; así por ejemplo, la velocidad con que se practique la operacion, una presion mayor ó menor y la forma del filo cortante son otras tantas causas que pueden originar distintas durezas en un mismo mineral; respecto á la última circunstancia, todo el mundo sabe que los vidrieros se valen siempre para cortar el cristal, no del diamante tallado, sino del natural, porque, segun suponen algunos mineralogistas, las caras abombadas de este no solo son mas á propósito para practicar la operacion indicada, sino que el cristal adquiere propiedades especiales para que se divida fácilmente sin mas que una simple presion.

Werner y muchos de sus discípulos estudiaron la dureza con bastante confusion y vaguedad; no obstante, aquel célebre mineralogista, atendiendo á este carácter, dividió las sustancias mineralógicas en cuatro grupos que son: 1.° sustancias muy blandas, todas aquellas que se dejan rayar con facilidad por medio de la uña, ejemplo: el talco, la esteatita ó jabon de sastre, yeso, mica, etc.; 2.° blandas, las que se dejan rayar fácilmente por la navaja ú otro instrumento cortante y resisten, por el contrario, la accion de la uña, tales como la baritina ó espato pesado, el aragonito, fluorina y otras varias; 3.° duras, todas las que se rayan con mucha dificultad por la lima ó una punta de acero y no producen chispas con el eslabon, ejemplo: la fosforita, hierro magnético, etc.; y 4.° muy duras, las que no se dejan penetrar ni por la lima, navaja ó punta de acero, como se observa en la esmeralda, rubí, topacio, diamante y otras varias piedras finas.

Los cuatro grupos indicados comprenden sustancias que presentan á su vez una dureza muy diferente, no pudiendo determinar y apreciar con exactitud sino el de aquellas que ocupan realmente los grados extremos de cada uno de los cuatro tipos. Teniendo en cuenta este inconveniente, el aleman F. Mohs, poco tiempo despues de Werner, estableció una serie formada de diez tipos mineralógicos fáciles de obtener en todas partes, y los dispuso ordenadamente empezando por el de menor dureza que tiene el número 1, hasta el mas duro que ocupa el 10, tal como se ve en la siguiente tabla:

	NÚMEROS	
Escala relativa	1	Talco laminar.
	2	Yeso cristalizado.
	3	Caliza romboédrica.
	4	Espato fluor octaédrico.
	5	Fosforita compacta.
	6	Feldespato ortosa.
	7	Cuarzo cristalizado trasparente.
	8	Topacio del Brasil.
	9	Corindon trasparente.
	10	Diamante.

Los cuatro últimos tipos de la escala se distinguen desde luego porque rayan al vidrio y no se dejan rayar por una punta de acero; los seis primeros no rayan al vidrio y se dejan rayar mas ó menos fácilmente por una punta de acero.

Sirviéndonos de la escala anterior podremos determinar la dureza relativa de un cuerpo cualquiera, sin mas que irle comparando con los diez tipos que forman la escala, hasta hallar uno que ofrezca una dureza idéntica á la del mineral propuesto, ó bien que este tenga una dureza comprendida entre dos tipos, en cuyo caso se indica diciendo: que el mineral en cuestion está dotado de una dureza intermedia entre tal y tal número. Así, por ejemplo, si deseáramos apreciar la dureza de la piedra fina llamada jacinto, comenzaremos el ensayo por el mineral mas duro de la escala que es el diamante, y continuando con los que le siguen veríamos que el jacinto se deja rayar por el topacio y que, por el contrario, raya al cuarzo, dándole por lo tanto al jacinto una dureza comprendida entre estos dos cuerpos; es decir, entre 7 y 8: otro tanto sucederia si quisiéramos averiguar la dureza del mineral denominado baritina ó espato pesado, al que, procediendo de idéntica manera que en el ejemplo anterior, le asignaríamos una dureza intermedia entre la caliza y el espato fluor, ó lo que es lo mismo entre 3 y 4. Igual exámen puede verificarse con todas las sustancias mineralógicas que existen, siendo, por consecuencia, sumamente sencillo darlas un lugar en la escala relativa de Mohs.

Al ensayar la dureza de los minerales es preciso tener siempre en cuenta las circunstancias siguientes: 1.° que ni el mineral que se examina raye á aquel de la escala con quien su dureza sea mas afine, ni este raye tampoco al mineral objeto del ensayo; en este caso se dice que tienen los dos igual dureza, como se observa en el yeso y sal comun; 2.° que el cuerpo que se ensaya se deja rayar por uno determinado de la escala y al revés; para apreciar entonces cuál de los dos es el mas blando, es necesario limpiar perfectamente el polvo que queda en la superficie del cuerpo frotante y el frotado, y examinar despues en cuál de ellos se ha efectuado la raya ó incision, pues el que la presente será de hecho el mas blando.

Existen algunos cuerpos, como por ejemplo, los pedernales, ágatas, topacio, etc., que tienen la particularidad de dar chispas con el eslabon, siendo considerada por algunos esta propiedad como un nuevo grado de dureza de los minerales; pero, en realidad, para que se produzca este fenómeno se necesita que el mineral reuna dos circunstancias esenciales que son: 1.ª tenacidad y 2.ª dureza; por esta razon, los pedernales que reunen dichas dos condiciones producen chispas con el eslabon, pero no así el diamante porque es un cuerpo muy frágil; de donde se deduce que la particularidad indicada sirve mas bien para averiguar los grados de tenacidad que de dureza.

Este carácter, aunque se emplea desde hace mucho tiempo para reconocer y diferenciar las especies minerales, no presenta en modo alguno el interés que algunos le han con-

cedido y le dan aun. Se sabe hoy en efecto, que la dureza es propiedad que varía extraordinariamente en los individuos que se hallan comprendidos en una misma especie; así, los ejemplares cristalizados son desde luego mas duros que los que se presentan compactos, laminares, fibrosos y terrosos; en los mismos cristales se observa, que es diferente la dureza de las aristas de la de los ángulos sólidos, circunstancias todas debidas sin género de duda, á la distinta agregacion molecular. La dureza, sin embargo, se usa generalmente con buen resultado para reconocer las pastas ó piedras artificiales que por su aspecto, color, lustre, etc., se parecen mas ó menos á las piedras preciosas, porque estas últimas no se rayan por el cristal de roca, mientras que las primeras se dejan penetrar fácilmente por este mineral y por una punta de acero.

RAYA.—Al estudiar y ensayar la dureza de los minerales, se ha de producir siempre una incision ó polvo segun que se le corte ó se le raye; cuando resulta una incision, esta ofrecerá un lustre y color particular que sirve casi siempre para distinguir sustancias afines; si, por el contrario, se raya se producirá un polvo que, del mismo modo que en el caso anterior, nos pondrá en camino para poder separar ciertas sustancias que tengan entre sí mayores ó menores analogías; así, por ejemplo, la plata antimonial ó plata roja oscura, se distingue de la plata arsenical ó plata roja clara, porque el polvo que produce aquella es de un color rojo mas oscuro que el de esta; la crocoisa ó plomo rojo se separa del rejalgar ó arsénico rojo, en que si bien uno y otro producen un polvo de color anaranjado, el del primero es mas intenso y con brillo diamantino; finalmente, la limonita ú óxido de hierro hidratado se distingue del jabon de vidrieros ó manganesa, en que el polvo que suministra aquella tiene un color amarillo, y el de esta es siempre negro.

TENACIDAD.—Consiste esta propiedad en la resistencia que oponen las moléculas de los cuerpos á separarse, disgregarse ó romperse en fragmentos por medio del choque ó la percusion, recibiendo el nombre de *fragilidad* el carácter diametralmente opuesto. Por lo comun, la tenacidad es una propiedad opuesta á la dureza, observándose que los cuerpos duros son bastante frágiles, mientras que son tenaces los blandos; sin embargo, el pedernal, las ágatas, topacios y las llamadas rocas anfibólicas ofrecen reunidos estos dos caractéres. Diferentes causas influyen mas ó menos esencialmente en el carácter de la tenacidad, siendo desde luego las mas importantes el volúmen del cuerpo, su género de elasticidad, la naturaleza ó composicion química y con especialidad su estructura. Se comprende desde luego que los minerales ofrecerán mayor resistencia á romperse, segun sea su volúmen y elasticidad. Respecto á la influencia que ejerce la tercera causa, ó sea la composicion química, se ha observado que los minerales que se disuelven con facilidad en el agua son de hecho menos tenaces que los insolubles, y que los cuerpos hidratados son mas frágiles que los anhidros; tal es lo que se nota entre el sulfato de cal hidratado ó yeso y el sulfato de cal anhidro ó karstenita, así como tambien entre la calcedonia ó sílice anhidra y el ópalo ó sílice hidratada. Respecto á las diferencias que presentan los minerales en su tenacidad á causa de la diversa estructura que ofrecen, se sabe que aquellos que la tienen compacta son menos tenaces que los laminares, siendo estos á su vez mas frágiles que los fibrosos, especialmente si constan de fibras entrecruzadas ó enlazadas; por último, los cuerpos mas resistentes á la accion del choque son aquellos que están dotados de una estructura porosa ó careada, como de ello ofrecen ejemplo la piedra pómez y otras sustancias volcánicas.

Para apreciar la mayor ó menor tenacidad de los metales dúctiles como el oro, plata, hierro, cobre, etc., se les reduce á hilos ó alambres delgados, y fijándolos por uno de sus extremos se colocan pesos en el otro hasta conseguir su ruptura; el que resiste mayores pesos es el mas tenaz; por esta razon se dice que el hierro figura á la cabeza de los metales respecto á esta propiedad.

El carácter de la tenacidad tampoco tiene grande interés en los estudios mineralógicos, porque no es fácil llegar á graduar la fuerza del choque empleado; se usa, no obstante, como propiedad auxiliar para diferenciar un reducido número de sustancias.

ELASTICIDAD.—Se define en física la elasticidad diciendo: que es la propiedad por medio de la cual las partículas de los cuerpos reobran con mas ó menos intensidad á fin de adquirir su volúmen ó forma primitiva, alterada, unas veces mediante la presion, y otras por medio de la flexion ó tension. En Mineralogía se echa mano de este carácter para diferenciar los minerales incluidos en el grupo de las «micas» de los que pertenecen á la especie llamada talco, supuesto que las láminas de la primera son verdaderamente elásticas, y las del segundo flexibles. La elasticidad está relacionada íntimamente con la forma regular de las sustancias mineralógicas, pudiendo ser en ciertos casos un medio bastante bueno para el reconocimiento de varias especies, siempre que estas se presenten en formas cristalinas y sean susceptibles de dividirse en láminas delgadas y lo suficientemente resistentes para poder examinar en ellas las vibraciones con toda precision. Para llegar á comprender la elasticidad de los minerales, conviene dar algunas ideas generales de las vibraciones ú ondulaciones sonoras que se producen en las varillas ó cuerdas que se obtienen de diversas sustancias.

Las vibraciones se producen de igual manera en todas las sustancias, es decir, mediante dilataciones y contracciones, cuya extension, por una fuerza igual, está en relacion con la mayor ó menor elasticidad de la sustancia. En las cuerdas y varillas se nota, á causa de su manera de vibrar, que se producen los llamados «nodos» ó líneas «nodales,» [esto es, puntos ó secciones de los indicados cuerpos que permanecen inmóviles ó que representan el sitio donde existe el mínimo de movimiento, mientras que las demás partes se agitan con mas ó menos intensidad. Así, por ejemplo, si se toman láminas metálicas elásticas, se las fija por su parte media y se las cubre de arena muy fina para observar los «nodos,» se verá, tan luego como se pase un arco de violin sobre sus márgenes, que la arena se mueve y se fija en seguida en la direccion de las diagonales, si el arco se pasa por el medio de uno de sus lados, y en direccion perpendicular á estos cuando el arco roza cerca de un ángulo. Chladni ha observado, despues de varios experimentos, que si se tallan sustancias metálicas en placas circulares y de un espesor igual, se producen como líneas nodales diámetros que dividen la circunferencia en cuatro, seis, ocho, etc., partes iguales, ó bien círculos concéntricos en mayor ó en menor número; pero que si, por el contrario, se tallan cuerpos que presenten estructuras diferentes en una ú otra direccion, las líneas nodales que se producen son en menor número y tienen al propio tiempo una posicion determinada, cuya última particularidad jamás ocurre en los cuerpos homogéneos.

El célebre físico Savart ha hecho experiencias notables sobre el cristal de roca, caliza y demás cristales, cuyas moléculas se hallan agrupadas simétricamente con relacion á sus ejes. Las observaciones llevadas á cabo por el físico citado así como la generalizacion y consecuencias que de ellas ha deducido, no son propias de una obra de esta índole, cor-

respondiendo mas bien á un tratado particular de mineralogía. Además, rara vez los minerales se prestan á reducirse á láminas delgadas y resistentes á propósito para observar en ellas la serie de vibraciones y líneas nodales indicadas, por lo cual el carácter de la elasticidad no ofrece en la práctica un grande interés para el reconocimiento de las especies.

FLEXIBILIDAD.—Particularidad que ofrecen algunas sustancias mineralógicas de doblarse ó encorvarse sin romperse y sin que vuelvan á recobrar su forma ó volúmen primitivo. Los cuerpos esencialmente dúctiles, las variedades correspondientes á las piedras cuya estructura sea fibrosa ó acicular, ó que se presenten en láminas muy delgadas, son flexibles en alto grado. Así, por ejemplo, la flexibilidad que ofrecen las fibras del mineral denominado amianto es tan considerable, que permite que se conviertan ó se fabriquen tejidos con ellas; otro tanto se observa en las láminas de mica y de talco, siendo, no obstante, las del primero de estos dos cuerpos elásticas mas bien que flexibles; tambien ofrece esta propiedad el mármol sacaroidéo y, en general, todas las sustancias que sean susceptibles de reducirse á hilos ó láminas muy delgadas. Así, por ejemplo, Mr. Baudin, valiéndose de la temperatura producida por la mezcla de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, ha conseguido reducir el cuarzo á hilos tan delgados y flexibles como los del mismo amianto. Se conocen, por último, algunas rocas, tales como el mármol granudo ó sacaroidéo citado que, á consecuencia de su estructura particular, adquieren este carácter cuando se les talla en láminas delgadas; las areniscas llamadas del Brasil son bastante flexibles á causa de la interposicion de láminas de mica.

Como se comprende, el carácter de la flexibilidad tiene muy poco interés en el estudio de los minerales, y solo se aplica con alguna ventaja en la distincion de la mica, talco y algunos metales entre sí.

DUCTILIDAD.—Particularidad que presentan algunos minerales de dejarse extender en hilos mediante el aparato conocido con el nombre de «hilera;» el platino, plata, hierro, cobre, oro, zinc, etc., se prolongan en hilos sumamente delgados cuando se les hace pasar por orificios de pequeño diámetro. Segun la opinion de Tillet, la ductilidad se halla relacionada con la estructura, la disposicion y la forma de las partículas constitutivas de los cuerpos. Esta propiedad puede decirse que es exclusiva de ciertos metales, sirviendo en determinados casos para distinguir unos de otros; así, por ejemplo, un boton de plata y otro de plomo jamás pueden confundirse, puesto que el primero de dichos metales es eminentemente dúctil, y el segundo «agrio,» esto es, carece de ductilidad.

MALEABILIDAD. — Propiedad que ofrecen algunas sustancias metálicas de dejarse extender en láminas mas ó menos delgadas por medio del laminador ó el martillo; los cuerpos esencialmente maleables son los siguientes:

Por el martillo.	Por el laminador.
Plomo.	Oro.
Estaño.	Plata.
Oro.	Cobre.
Zinc.	Estaño.
Plata.	Plomo.
Cobre.	Zinc.
Platino.	Platino.
Hierro.	Hierro.

CARACTERES OPTICOS.

Se incluyen en esta seccion de caractéres, como se ha indicado en el cuadro, la «trasparencia, refraccion simple y doble, policroismo, asterismo, lustre ó brillo, color y fosforescencia.»

TRASPARENCIA.—Se dice que las sustancias mineralógicas son trasparentes ó «diáfanas» cuando dejan atravesar los rayos luminosos al través de toda su masa, y se ven con claridad y con todos sus detalles los objetos ó cuerpos que se colocan detrás de ellas; los minerales trasparentes reciben el nombre de «límpidos» si á la diafanidad va unida la falta completa de color, como ocurre en el cristal de roca y espato de Islandia; por regla general, la limpieza y la trasparencia indican una gran pureza en el mineral, así como un estado cristalino perfecto. Se llaman minerales «traslucientes,» aquellos otros que ofrecen una trasparencia incompleta y como nebulosa, no siendo fácil distinguir con claridad los objetos al través de su masa; como ejemplo de cuerpos traslucientes pueden citarse las calcedonias, ágatas y algunos mármoles cuando se les reduce á láminas delgadas. «Semitraslucientes ó traslucientes» simplemente en los bordes, si solo dejan pasar la luz en sus esquinas ó cortes, como se observa en los pedernales y obsidiana. Por último, se denominan minerales «opacos,» cuando no dejan paso á la luz al través de ninguno de los puntos de su masa; v. gr., los metales, jaspes y en general casi todos los minerales.

Existen algunos cuerpos que son completamente opacos cuando se hallan colocados en circunstancias normales, pero que se convierten en traslúcidos y aun trasparentes si se les sumerge en el agua por mas ó menos tiempo; tal es lo que se nota en la variedad de ópalo conocida con el nombre de «ópalo hidrófano,» la cual cuando está expuesta á la accion del aire es opaca, pero se hace traslúcida ó trasparente si se la introduce en el agua; esta particularidad es debida á que contiene en su interior burbujas de aire que son reemplazadas por su inmersion en el agua por burbujas de este líquido.

Varias son las causas que influyen de un modo mas ó menos directo en la trasparencia ú opacidad de los minerales. Existen algunos de estos que pueden considerarse en absoluto como completamente opacos, tal es lo que se observa en los metales, en el grafito, ulla y antracita, cuyos cuerpos no dejan paso á los rayos luminosos aun cuando se les reduzca á láminas muy delgadas; pero hay otros que siendo opacos cuando ofrecen algun espesor, se convierten en traslucientes reducidos á láminas delgadas. Segun la opinion de Necker de Saussure, la opacidad, puede decirse incompleta de estos minerales, depende de la diferente agregacion que adquieren sus moléculas, mientras que la completa está relacionada con la composicion de los cuerpos. La opacidad, por lo tanto, puede ser resultado del espesor que tengan los cuerpos, supuesto que muchos de estos que son trasparentes ó traslucientes cuando se presentan en láminas delgadas, se hacen opacos si ofrecen bastante espesor. Puede asimismo depender la opacidad de la estructura mas ó menos irregular y confusa que tengan las moléculas de los individuos que se examinen: así, por ejemplo, los que están dotados de estructuras laminares, fibrosas, granudas, etc., son opacos mirados en masa, pero pueden ser traslucientes ó trasparentes si se observan sus moléculas aisladas. Finalmente, las materias colorantes, ya estén mezcladas ó combinadas, influyen en la mayor ó menor opacidad; así el cuarzo cristalizado es completamente trasparente, constituyendo en este caso la variedad indicada con el nombre de «cristal de roca,» pero el mismo cuarzo se presenta trasluciente y opaco respectivamente en las variedades «amatista y jacinto de

Compostela,» de las cuales la primera está teñida por el óxido de manganeso y la segunda por el óxido férrico anhidro.

REFRACCION.—Consiste este carácter en la separacion ó desvío que sufren los rayos luminosos cuando atraviesan las sustancias trasparentes; pero, no obstante, para que este fenómeno se verifique en las sustancias indicadas, es necesario que los rayos lumínicos caigan de un modo oblicuo, porque los que penetran perpendicularmente no experimentan separacion alguna.

REFRACCION SIMPLE.—Cuando se mira un objeto cualquiera, ya sea al través de una sustancia trasparente que no cristaliza, tales como el cristal, vidrio, agua ú otro líquido, ya se presente cristalizada en alguna de las formas que corresponden al sistema cúbico, el objeto indicado se verá sencillo y en el sitio que verdaderamente tenga, si los rayos lumínicos atraviesan en direccion perpendicular á la sustancia mineralógica; pero se le observará, aunque tambien sencillo, como desviado de su posicion cuando los rayos siguen una direccion oblicua: este último fenómeno recibe en la ciencia el nombre de «refraccion sencilla.» Si el referido objeto se mira al través de un mineral que cristalice en cualquiera de los sistemas «romboédrico, prismático de base cuadrada, prismático rectangular recto, prismático oblicuo simétrico ó prismático oblicuo insimétrico,» se le verá duplicado, á causa de que el rayo lumínico al penetrar en la masa del mineral se divide en dos, experimentando uno y otro una separacion mayor ó menor: este segundo fenómeno constituye la llamada «doble refraccion.»

La observacion y la experiencia manifiestan que cuando los rayos lumínicos pasan de un medio ó de un cuerpo menos á otro mas denso, se refractan aproximándose á la perpendicular tirada en el punto de inmersion; y que, por el contrario, se separan ó se alejan de esta perpendicular, cuando pasan de uno mas á otro menos denso. Atendiendo á esta particularidad se dividen los cuerpos ó los minerales en dos grupos que son: «cuerpos mas refringentes y cuerpos menos refringentes;» en el primero de estos grupos se hallan comprendidas todas las sustancias al través de las cuales la luz se aproxima á la perpendicular; y en el segundo aquellas otras en que la luz se desvia de la indicada perpendicular.

Las leyes de la refraccion simple pueden reducirse esencialmente á estas dos: 1.ª, el rayo incidente y el refractado se hallan colocados en un mismo plano, perpendicular á la superficie refringente; 2.ª, la relacion entre el seno del ángulo de incidencia y el de refraccion, cuya relacion se denomina «índice de refraccion,» es constante para el mismo cuerpo, pero varía en sustancias diversas. Esta segunda ley puede proporcionar al mineralogista medios bastante buenos para llegar á reconocer los minerales; no hay mas que averiguar en cada uno de ellos la relacion que haya entre el seno del ángulo de incidencia y de refraccion, determinando de este modo el índice de refraccion que le corresponde. Desgraciadamente este medio solo tiene aplicacion en los cuerpos químicamente puros, porque en aquellos que no lo son, por contener materias mezcladas ó aun combinadas, pero que realmente no forman parte esencial de la especie mineralógica, el rayo emergente sufrirá una desviacion originada por la diversa densidad que presenten las distintas sustancias que atraviesa.

REFRACCION DOBLE.—Ofrecen la doble refraccion el espato de Islandia y todas las sustancias mineralógicas que corresponden por sus formas cristalinas á cualquiera de los sistemas, excepto el cúbico. Este fenómeno consiste, como queda dicho, en que la luz al atravesar ciertos cuerpos se divide en dos rayos refractados, siguiendo uno de ellos las leyes de la refraccion sencilla, y obedeciendo el otro á leyes especiales, puesto que rara vez se halla en el plano de incidencia, así como tampoco el seno del ángulo de incidencia está en relacion con el de refraccion; de aquí nace el nombre de «rayo ordinario» que se da al primero, y de extraordinario al segundo, así como de «imágen ordinaria y extraordinaria» á las producidas por cada uno de estos, siendo la primera generalmente mas clara que la segunda.

Hay, no obstante, una direccion en que el rayo lumínico no se divide, tal es lo que sucede cuando atraviesa en direccion paralela «al eje,» ó sea á la línea que une los ángulos triedros obtusos del citado espato de Islandia; en todas las demás posiciones ó direcciones se presentan constantemente las imágenes ordinaria y extraordinaria. Existen, por último, cuerpos en que los rayos lumínicos atraviesan en dos posiciones ó direcciones distintas sin que experimenten la doble refraccion, por lo que se dice que estos cuerpos presentan «dos ejes,» no habiendo hasta ahora ninguna sustancia que tenga tres.

MEDIOS QUE SE EMPLEAN PARA OBSERVAR LA DOBLE REFRACCION.—Se conocen tanto en física como en mineralogía diferentes procedimientos para estudiar este fenómeno tan importante: uno de los mas sencillos está reducido, como se ha dicho, á mirar al través de dos caras opuestas de un ejemplar de «espato de Islandia,» de aragonito, topacio, etc., una raya hecha en un papel ú otro cuerpo cualquiera, y dando al mismo tiempo al cristal distintas posiciones, se verán desde luego dos rayas ó dos imágenes diferentes que corresponden la una al rayo ordinario y la otra al extraordinario. Pero este medio de observacion, así como otros varios menos usados, tienen varios inconvenientes en la práctica, por cuya razon se prefiere otro mas sencillo y que produce resultados mas precisos y exactos: consiste este segundo procedimiento en poner la sustancia mineralógica, cuya refraccion simple ó doble se quiere examinar, entre dos láminas de turmalina que han sido talladas paralelamente en el sentido de su eje de cristalizacion, colocándolas al propio tiempo de modo que ambas se crucen ó formen un ángulo recto.

Para observar con todo detenimiento los fenómenos de la doble refraccion por medio de las láminas indicadas, se emplea en física y mineralogía el aparato conocido con el nombre de «pinzas de turmalina;» compuesto de las citadas láminas, las cuales van engastadas cada una en discos metálicos; dichos discos, que se encuentran taladrados en su parte media, están armados en dos hilos ó anillos de alambre que se arrolla sobre sí mismo para constituir de esta manera un verdadero resorte, quedando, mediante esta disposicion, aplicada una lámina á la otra, como se observa en la figura 11.

Poniendo el mineral, que á su vez se engasta tambien en un disco de corcho, entre las dos láminas de turmalina, y haciendo que giren la una sobre la otra hasta conseguir que sus ejes sean perpendiculares ó bien se crucen en ángulo recto se observarán fenómenos muy diferentes, los cuales estarán en relacion con la diversa forma que tenga el mineral. Así, por ejemplo, si el cuerpo que se estudia no se presenta cristalizado ú ofrece una forma que corresponde al sistema cúbico, los puntos en que se cruzan las láminas de turmalina, y cuyos puntos naturalmente son oscuros, no dan paso á la luz; pero estos se iluminarán ó aparecerán claros, si el mineral cristaliza en alguno de los otros cinco sistemas enunciados.

Para poder tener una idea clara y precisa de este fenómeno, es preciso saber que la luz adquiere una propiedad especial cuando se refleja bajo un ángulo determinado en la superficie pulimentada y brillante de ciertos cuerpos. Esta particularidad conocida con el nombre de «polarizacion,» se

explica en física del modo siguiente: si se hace llegar un rayo lumínico á la superficie de una lámina de cristal ó de vidrio que se haya ennegrecido de antemano por su cara inferior, y cuyo rayo lumínico caiga sobre la referida placa formando un ángulo de 35°,25, este rayo en primer lugar se reflejará constituyendo el ángulo de reflexion igual al de incidencia, y en segundo sufrirá una modificacion, esto es, se polariza y parece como que rehusa reflejarse en otra lámina, siempre que el plano en donde se ha de efectuar la segunda reflexion sea perpendicular á aquel en donde estén el rayo reflejado y el incidente, verificándose, sin embargo, la segunda reflexion en todas las demás direcciones ó posiciones de la lámina. El rayo polarizado es siempre constante para una misma especie mineralógica, pero varía como es consiguiente en distintos cuerpos. Si la luz pasa á través de minerales bi-refringentes, los dos rayos en que se divide el denominado incidente tienen la particularidad de polarizarse en sentido inverso, esto es, uno de ellos parece como que rehusa atravesar por un punto dado del mineral bi-refringente, al paso que el otro atravesará con facilidad, y al revés, cuando el primero atraviese rehusará hacerlo el segundo.

Dadas estas ideas generales de polarizacion que hemos creido indispensables para la mejor inteligencia de este fenómeno, veamos lo que sucede á los rayos lumínicos cuando atraviesan las láminas de turmalina. Si una de estas se talla en el sentido paralelo á su eje de cristalizacion, no deja atravesar mas que el rayo que se halla polarizado en sentido inverso; si sobre esta lámina se adapta otra paralela con ella, el rayo polarizado penetrará por la segunda, pero no la atravesará si se la coloca perpendicularmente á la primera, y, por consecuencia, el punto en que se cruzan las láminas quedará oscuro. Si ahora colocamos un mineral cualquiera entre las láminas de turmalina, y hacemos girar una sobre otra hasta que sus ejes sean perpendiculares, observaremos desde luego fenómenos muy diferentes segun sea la cristalizacion del cuerpo. Si este no se presenta cristalizado ó lo hace en el sistema cúbico, los sitios en que las láminas se cruzan aparecerán oscuros; por el contrario, se iluminarán si el mineral cristaliza en cualquiera de los otros cinco sistemas, porque en este caso el rayo lumínico que se modifica en la primera lámina se divide en dos que se polarizan en sentido inverso, penetrando al menos uno de ellos por la segunda lámina de turmalina, ó sea por aquella que se aplica al sentido de la vista.

Se concibe desde luego que este dato es de gran interés al mineralogista, supuesto que valiéndose de él nunca confundirá un granate con un jacinto, porque el primero cristaliza en formas derivadas del sistema cúbico y el segundo en cristales que corresponden al prisma recto de la base cuadrada; lo mismo sucederia con los cristales del referido granate y los rubíes llamados orientales, puesto que estos últimos se presentan cristalizados en formas pertenecientes al sistema romboédrico. Desgraciadamente no siempre puede afirmarse de una manera absoluta que una sustancia mineralógica corresponde al sistema cúbico ó á cualquiera de los otros cinco sistemas porque dejen ó no paso á la luz cuando se les pone entre las láminas de turmalina: el vidrio, que no cristaliza, presenta las imágenes duplicadas y deja paso á la luz colocado entre las láminas de turmalina, cuando se le hace cambiar de densidad por medio de la presion ó el temple; la sal comun, diamante, espato fluor, boracita y otros cuerpos que cristalizan en formas derivadas del sistema cúbico ofrecen tambien la misma particularidad en varios ejemplares, es decir, que al través de sus caras se nota la refraccion. Segun Biot, esta anomalía no se halla en los cristales homogéneos, sino únicamente en aquellos que constan de una estructura compuesta de diversas láminas, las cuales influyen sobre la luz de un modo distinto que cuando las moléculas tienen una posicion normal; sin embargo, esta opinion que puede muy bien admitirse bajo el punto de vista teórico, no tiene aplicacion en la práctica, supuesto que el mineralogista al encontrarse con una sustancia que presenta la doble refraccion, dudará si corresponde al sistema cúbico ó á cualquiera de los otros cinco sistemas.

Con objeto de vencer estos inconvenientes y salvar todas las dificultades que pueden resultar en la práctica, los mineralogistas actuales se atienen siempre para saber si un cuerpo cristaliza en el sistema cúbico ó en alguno de los otros, á las denominadas «líneas neutras ó ejes ópticos,» llamados tambien por algunos, aunque con impropiedad, «ejes de doble refraccion.» Los minerales de doble refraccion no presentan este fenómeno en todas sus direcciones, habiendo una ó dos de estas en que solo se observa la simple refraccion; estas posiciones, como se ha indicado, reciben el nombre de «ejes ópticos ó líneas neutras.» Los minerales que cristalizan en el «sistema romboédrico ó en el prismático de base cuadrada,» esto es, aquellos cristales que constan de un eje principal al cual se hallan subordinadas todas las demás partes, y ofrecen al propio tiempo caras simétricas que distan igualmente de este eje, no ofrecen mas que un eje óptico que se confunde con el eje del cristal; los cristales correspondientes al «sistema prismático romboidal recto, prismático oblicuo simétrico y prismático oblicuo insimétrico» tienen dos ejes ó dos líneas neutras, cuyos ejes, aunque oblicuos, están dispuestos de tal manera que una línea media que dividiera en dos partes iguales el ángulo que resulta formado por estos ejes, se confundirá con uno de los ejes cristalinos del prisma.

Resúmen de las leyes de doble refraccion.—Pueden reducirse á las cuatro siguientes:

1.ª Los cuerpos que no cristalizan ó que lo hacen en el sistema cúbico no presentan mas que la refraccion simple; se conocen, no obstante, algunos cristalizados en este sistema que unas veces ofrecen la refraccion sencilla y otras la doble, cuya anomalía no solo se nota en los individuos, sino tambien en las mismas partes de estos.

2.ª Los cuerpos que cristalizan en formas derivadas de los otros cinco sistemas están dotados de la doble refraccion.

3.ª Los que cristalizan en el sistema romboédrico y prismático de base cuadrada presentan un eje de doble refraccion que se confunde con el eje del cristal; sin embargo, la apofilita tiene algunas veces en un mismo individuo uno ó dos ejes.

4.ª Los cristales que pertenecen al sistema prismático romboidal ó rectangular recto, prismático romboidal oblicuo simétrico y prismático oblicuo insimétrico ofrecen dos ejes ópticos ó dos líneas neutras.

Importancia de estas leyes en la práctica.—Los minerales dotados de un eje óptico ó de una línea neutra presentan, por lo comun, colocados entre las láminas de turmalina, una serie de anillos circulares, coloreados y atravesados por dos fajas ó una cruz negra, cuyas fajas haciendo de diámetro tienen la particularidad de ensancharse en los extremos á la manera de unos pinceles; sin embargo, en el cuarzo que cristaliza en prismas exagonales derivados del sistema romboédrico, apenas se observan las bandas, siendo ligeramente azuladas en una lámina delgada y desapareciendo casi en totalidad en otra que tenga algun espesor; la especie mineralógica denominada «apofilita» del Tirol presenta alternativamente anillos blancos y negros, por cuyo carácter la llaman tambien «leucolicita ó leucomelanita.» Los minerales dotados de dos ejes presen-

tan tambien, colocados entre las láminas de turmalina, anillos coloreados, pero elípticos en vez de circulares, estando atravesados solamente por una línea negra que se ensancha en uno y otro extremo en forma de pincel; no obstante, la caliza prismática ó aragonito y algunas otras sustancias, que corresponden por su cristalizacion al prisma romboidal recto, prismático oblicuo simétrico ó insimétrico, pueden ofrecer anillos circulares sin mas que tallar sus láminas en direccion perpendicular á uno de los ejes de doble refraccion.

APLICACION DE ESTOS HECHOS.—Como queda consignado, se saca un gran partido de este carácter para diferenciar varias especies que suelen confundirse por su aspecto exterior; así, por ejemplo, los granates y rubíes orientales se distinguen entre sí porque la primera de estas dos especies puesta entre las láminas de turmalina no da indicios de doble refraccion, mientras que se manifiesta esta circunstancia en la segunda; por este mismo procedimiento se separan los cristales prismáticos de la caliza de los del aragonito, puesto que los primeros, no teniendo mas que un eje óptico, presentarán colocados entre las láminas de turmalina una serie de anillos circulares atravesados por dos bandas, mientras que los segundos ofrecerán anillos elípticos con una sola banda; Biot, atendiendo al carácter de la doble refraccion, ha dividido la especie mica en dos grupos, uno constituido con la que ofrece un eje óptico, y otro con la qué tiene dos. Como ejemplos comunes de minerales que presentan un eje óptico pueden citarse el cristal de roca, espato de Islandia, turmalina, esmeralda, esparraguina ó sea la fosforita cristalizada, el zafiro, jacinto y algunos otros menos importantes; en los de dos ejes se cuentan la baritina, celestina, yeso, topacio, adularia, albita, azufre, peridoto y otros muchos.

Este carácter, cuya importancia no puede menos de reconocerse en el estudio de los minerales, ofrece, sin embargo, el inconveniente del mismo modo que la forma, de ser aplicable únicamente á los minerales cristalizados y que reunan además la circunstancia de ser diáfanos ó trasparentes, y susceptibles de reducirse á láminas delgadas para que puedan colocarse entre las láminas de turmalina. Se concibe, por lo tanto, que con estas condiciones, el exámen de la doble refraccion, relacionado con la forma regular, así como esta con la composicion química, será de un gran recurso para el mineralogista que quiera distinguir especies mas ó menos afines ó semejantes.

DICROISMO Y POLICROISMO.—Se designa con el nombre de dicroismo, la propiedad que tienen algunos minerales trasparentes de presentar dos colores distintos cuando se les pone entre el sentido de la vista y la luz, y segun la direccion en que los rayos luminosos atraviesan al mineral. Este fenómeno, propio, como se ha dicho, de ciertas sustancias, depende de la disposicion que afectan las partículas colorantes del cuerpo y de un efecto de polarizacion de la luz, el cual está relacionado con la forma cristalina; así, por ejemplo, los minerales del sistema cúbico, en los cuales la luz no se polariza, no ofrecen mas que un solo color, por lo que se denominan unicroitas; en los que cristalizan en el sistema romboédrico ó prismático de base cuadrada se notan dos colores diferentes, apareciendo uno de ellos cuando los rayos luminosos atraviesan paralelamente el eje del cristal, en cuyo caso no hay luz polarizada, y el otro cuando atraviesan en direccion perpendicular ú otra cualquiera el mismo eje, resultando entonces una mezcla de luz ordinaria y de luz polarizada. Se observó este fenómeno por primera vez en el mineral llamado cordierita (silicato de alúmina y de magnesia); si se mira este especie en direccion del eje ofrece una tinta azul violada, siendo de un gris amarillento ó de un pardo verdoso en sentido perpendicular. Algunas variedades de turmalina aparecen negras y opacas cuando se las observa paralelamente al eje de cristalizacion, ofreciendo, por el contrario, un color rojo, verde ó pardo si se miran los prismas de esta especie en direccion trasversal. Los minerales citados y otros varios se conocen con el nombre de dicroitas; por último, se llaman policroitas aquellos que presentan tres colores diversos, correspondiendo estos cuerpos por su cristalizacion al sistema romboidal recto, prismático romboidal oblicuo simétrico y prismático oblicuo insimétrico.

Existen algunos minerales que tienen tambien la particularidad de presentar dos colores distintos segun que se les mire por reflexion ó por refraccion; así, por ejemplo, algunos individuos de espato fluor (Ca Fl), son dicroitas ofreciendo por refraccion un color verde y azul violado por reflexion. Esta especie de dicroismo no debe confundirse con la citada anteriormente, porque su orígen es otro muy distinto del que se observa en minerales del sistema romboédrico ó prismático de base cuadrada.

ASTERISMO.—Particularidad que tienen algunas especies minerales de ofrecer una estrella mas ó menos clara y compuesta de varios radios, cuando se les somete á la accion de una luz intensa. Se observa este fenómeno, no solo por reflexion, como se habia creido, sino por refraccion en ciertos cuerpos de estructura estriada ó fibrosa, estando el número de radios en relacion con el de estrías ó de fibras que se cruzan; pero es necesario que los cristales se tallen en cabujon y en direccion normal á su eje. El zafiro, que ofrece tres series de estrías paralelas á las diagonales de la base del pirsma exagonal, da una estrella de seis rayos, cuyo carácter se nota tambien en la variedad que procede de la China aun despues de haber sido tallada y pulimentada en la superficie, la cual es la misma que la interior (1). Este fenómeno se produce en el zafiro á causa de su estructura, puesto que si se da una seccion perpendicular al eje del prisma exagonal, se verán series de estrías que por su cruzamiento forman ángulos equiláteros: esta particularidad se nota tambien en un cristal de esmeralda: la vesubiana ó idocrasa presenta estrias rectangulares, produciendo por consecuencia, una estrella de cuatro radios; en un prisma de baritina ó espato pesado hay dos series de estrías que se cruzan en direccion oblicua, resultando una estrella de cuatro radios cruzados bajo ángulos determinados. Las sustancias que, por lo comun, presentan el asterismo además de las citadas son: ciertas variedades de granates, el yeso, el carbonato de cal fibroso, cuarzo fibroso y cuarzo llamado ojo de gato, aunque en realidad los fenómenos que se observan en estos cuerpos se hallan mas bien relacionados con el color que con el asterismo.

Por último, si se mira una luz al través de ciertas especies trasparentes, se observa un círculo luminoso que pasando por la llama sirve de punto de mira: este fenómeno, designado con el nombre de círculo parhélico, se produce siempre que las estrías sean paralelas al eje, cuyas estrías están determinadas por las aristas de los prismas ó caras que forman el cristal; los círculos parhélicos no solo se notan en minerales cristalizados, sino en aquellos otros que ofrecen una estructura fibrosa irregular. Si las fibras son regulares, paralelas y se tallan las placas del mineral en sentido perpendicular á la direccion de estas fibras, se observa en este caso, no círculos parhélicos, sino una corona alrededor de la luz que sirve de punto de mira.

BRILLO Ó LUSTRE.—Efecto ó impresion que causan

(1) No todas las variedades de zafiro presentan el asterismo; este fenómeno puede decirse que únicamente se observa en los ejemplares de un azul oscuro ó de un blanco nebuloso.

en el órgano de la vista los rayos de luz reflejados en la superficie de los cuerpos. Al examinar esta propiedad hay necesidad de distinguir dos efectos completamente diferentes, los cuales pueden verse aislados ó unidos: estos dos efectos son: primero, el que resulta de la reflexion directa de los rayos lumínicos, la cual depende del grado de pulimento y de la diversa estructura del cuerpo; el segundo es debido á la accion que el mismo mineral ejerce sobre los rayos que penetran en la primera capa; el segundo efecto puede desde luego aislarse del primero sin mas que poner el cuerpo de manera que la luz reflejada con toda regularidad no llegue á herir directamente al ojo. Así, por ejemplo, en el diamante y en ciertos cristales ó ejemplares fibrosos de plomo blanco se observa que por un lado ofrecen los fenómenos de la reflexion directa y por el otro un lustre particular que no es fácil definir; este brillo se denomina diamantino ó acerado.

Para estudiar el brillo ó lustre con toda exactitud, es necesario hacerlo en la superficie fresca ó reciente que se obtiene por medio de la fractura, porque la que está expuesta por mas ó menos tiempo á la accion del aire experimenta alteraciones notables que motivan dudas y aun errores.

Las sustancias mineralógicas ofrecen diversas especies de brillo ó lustre que se aprecian, á semejanza del color, sabor y otros caractéres, por comparacion con objetos ó cuerpos conocidos y comunes; los mas frecuentes son los siguientes: vítreo, metálico, sedoso, nacarado, resinoso, craso, metaloideo ó semimetálico, lapídeo, terroso y diamantino; presentan lustre vítreo el cristal de roca, espato de Islandia, topacio, esmeralda, granate y casi todas las piedras denominadas preciosas, cuyo lustre es idéntico al del cristal comun; metálico, se observa en la plata, platino, pirita cobriza, pirita de hierro y en general en los metales nativos y en muchas de sus combinaciones, las cuales tienen un aspecto idéntico al de los metales comunes; sedoso, le ofrecen todas aquellas sustancias que constan de una estructura fibrosa unida á un lustre nacarado, como se ve en ciertas variedades de yeso, caliza, amianto, malaquita, azurita y otras especies; nacarado, parece ser resultado de la estructura pizarrosa, puesto que se observa especialmente en los minerales que son susceptibles de una division mecánica; se ve, por lo comun, en las bases de los prismas, en las caras que sustituyen los ángulos sólidos de los romboedros aun cuando los minerales no se exfolien en el sentido indicado; tal es lo que se nota en el carbonato de cal y de magnesia ó sea la dolomia, en el zafiro, estilbita, apofilita, zeolita, etc.; el brillo resinoso es propio del ópalo, granate colofonita, succino, y de los minerales conocidos con el nombre de resinas fósiles; el lustre craso puede ser ú oleoso ó céreo; en el primer caso, parece como si un mineral vítreo hubiera sido frotado ó untado con una sustancia aceitosa; ejemplo, el cuarzo craso y la eleolita; en el segundo, ó cuando presentan lustre céreo, el mineral tiene una estructura mas compacta y aspecto de cera, como se ve en la calcedonia ó sílice anhidra no cristalizada; el brillo metaloidéo es propio de ciertos minerales incluidos en la clase de las piedras, pero que, no obstante, presentan un aspecto algun tanto metálico; tal es lo que sucede con el mineral llamado mica, que recibe este nombre porque ofrece un brillo parecido al de las sustancias metálicas; el lustre lapídeo se encuentra en las piedras comunes, como de ello ofrecen buen ejemplo los mármoles, los jaspes, las variedades compactas de yeso, baritina, feldespato y en general todas las sustancias mas ó menos compactas que se hallan comprendidas en la clase de las piedras; brillo terroso, palabra que se emplea algunas veces para designar un aspecto mas ó menos empañado ó mate; finalmente, como se ha dicho, existe el brillo diamantino propio del diamante, de ciertas variedades de corindon, de carbonato de plomo y de algunos otros cuerpos.

El carácter del lustre, que desde luego tiene bastante interés para diferenciar varios metales, algunos óxidos y sulfuros metálicos, ofrece poca utilidad en el estudio de las piedras particularmente dichas, puesto que es variable en individuos pertenecientes á una misma especie: sirve en muy raros casos para distinguir algunos cuerpos que á primera vista se confunden, como, por ejemplo, el diamante y ciertas variedades de zafiro.

COLORES.—Fenómeno óptico resultado de la modificacion que experimentan los rayos lumínicos en la superficie de los minerales; en realidad, el carácter del color se concibe y se comprende mejor que se define. En los minerales que tienen color, es preciso distinguir el que es propio ó inherente de ellos, de aquel otro que procede de la union de este con el de alguna materia que se halle mezclada ó combinada, cuya materia contribuye á modificar el color peculiar del mineral ó á comunicarle otro que no tenga relacion con él; por ejemplo, el cuarzo cristalizado, cuando es completamente puro se presenta incoloro, teniendo, por el contrario, un color morado, amarillo, rojo intenso, etc., segun contenga respectivamente óxido de manganeso, óxido férrico hidratado ú óxido férrico anhidro; otro tanto se observa en la sal comun, sustancia que es incolora cuando pura, pero que puede ofrecer un color rojo, amarillo, azul, etc., segun las diversas materias que tenga mezcladas; de aquí la necesidad de dividir los colores de los minerales en dos grupos que son: 1.° colores propios, 2.° colores accidentales, á los que hay que agregar otro grupo conocido con el nombre de colores movibles.

Llámanse colores propios los que son inherentes ó dependen exclusivamente de la naturaleza y composicion química de los cuerpos; accidentales los que son resultado de materias extrañas á su verdadera composicion, los cuales pueden estar en estado de mezcla ó de combinacion. Ofrecen, por lo comun, colores propios los cuerpos metálicos, sus óxidos y sulfuros; así, por ejemplo, el cobre tiene un color rojo particular, la plata le ofrece blanco, el oro amarillo, el óxido de cobre ó ziguelina, rojo de cochinilla, el cinabrio ó sulfuro de mercurio, rojo; la pirita cobriza ó sulfuro de cobre y hierro, amarillo de yema de huevo; la pirita de hierro ó sulfuro de este metal, amarillo de bronce. Los minerales simples ó de composicion química poco complicada presentan tambien colores propios: v. gr. el grafito, antracita y ulla son de un color gris negruzco ó negro, así como el azufre es de un amarillo de limon. En general, puede decirse que todos los cuerpos cuando se hallan en su estado normal ofrecen un color propio y peculiar, siendo en este caso incoloros todos los minerales incluidos en la clase tierras y piedras de Werner. Los colores propios son constantes en aquellos minerales que los poseen, variando solamente en su intensidad segun que el cuerpo se halle en masas de algun espesor, en láminas delgadas ó en estado pulverulento; teniendo presente la circunstancia indicada, se vale el mineralogista en muchos casos de este carácter para distinguir especies mas ó menos afines, que cuando se presentan en masas es fácil confundirlas, pero que se separan tan luego como se las raya ó se las reduce á polvo; de este modo se distinguen ciertas variedades de hierro oligisto y de limonita que presentan color gris negruzco; el polvo de las primeras es rojizo, mientras que el de las segundas es siempre amarillento; de la misma manera se diferencian el grafito y la molibdenita, puesto que esta produce sobre la porcelana una raya ó traza verdosa, mientras que aquel la da de color gris; por último, se distinguen por este medio algunas variedades de galena y de blenda;

pues si se rayan unas y otras por una navaja ó punta de acero, las correspondientes á la blenda presentarán un polvo de color mas claro que la masa del mineral, carácter que no se verá en la galena.

COLORES ACCIDENTALES.—Se comprende desde luego que esta especie de colores no tendrán en manera alguna la importancia que los propios, porque dependiendo de la mezcla ó combinacion con otras materias, y siendo varias las que pueden estar unidas al mineral, claro está que los colores debidos á estas circunstancias han de ser susceptibles de grandes cambios y modificaciones. Aquellos que resultan de la mezcla ó interposicion de ciertas sustancias, generalmente se deben á que la especie mineralógica en el momento de cristalizar arrastró moléculas de otro cuerpo que la da color si aquella carecia de él, ó bien hace cambiar el primitivo de intensidad, ó se forma otro nuevo en virtud de la combinacion de los dos colores; esto es, del que es propio del mineral en union con el de la materia colorante que se interpone. Las moléculas arrastradas ó mezcladas pueden estar diseminadas de tal manera por la masa del cuerpo que le comuniquen completamente el color propio de ellas, ó, por el contrario, encontrarse en tan corta cantidad, que únicamente aparezca como simples puntos mas ó menos brillantes. Tanto en uno como en otro caso se consigue averiguar fácilmente algunas veces si el color del cuerpo es accidental ó propio; no hay mas que tratarle por el agua ú otro líquido, y si el cuerpo es soluble é insoluble la materia que le comunica el color, se precipitará esta al tiempo de verificarse la disolucion; en otras ocasiones basta calentar el cuerpo para que desaparezcan ó se volatilicen las sustancias colorantes; pero si estas se hallan muy repartidas y se encuentran en grande cantidad y el cuerpo es insoluble en el agua ú otros líquidos, no es fácil averiguar si los colores son propios ó accidentales, siendo preciso recurrir en último término á las reacciones químicas. Los colores accidentales que resultan de verdaderas combinaciones químicas son tambien bastante frecuentes, pero no tan fáciles de estudiar como los citados anteriormente, habiendo necesidad en todos los casos para reconocerlos de valerse de las operaciones químicas; se ven estos colores en la esmeralda, cuarzo amatista, berilo, rubíes y otras piedras finas.

Algunos mineralogistas dividen los colores accidentales en dos categorías: «1.ª colores accidentales característicos; 2.ª colores puramente accidentales;» los primeros se encuentran por lo general en las piedras; no son realmente propios de la especie, dependiendo mas bien de una circunstancia molecular, y mas comunmente de un cuerpo metálico ó combustible que se mezcla con las moléculas del mineral, cuyo cuerpo, sin ser en realidad esencial en la composicion atómica de la especie, entra en proporciones fijas y determinadas; en este caso, el color del mineral es constante, en tanto que el principio ó cuerpo metálico no sea sustituido por otro isomorfo con él y susceptible de comunicar una coloracion distinta. Los colores, que hemos llamado característicos, son de hecho mas importantes que los meramente accidentales; sirven en muchos casos para distinguir ciertas subespecies de minerales; así, por ejemplo, esta particularidad es suficiente para establecer un carácter diferencial entre los granates rojo, negro y verde, así como en los anfiboles negro, verde y aujito.

Los colores simplemente accidentales resultan tambien de la interposicion de un cuerpo metálico; pero este principio, por lo comun, se encuentra en el mineral en tan pequeña cantidad que no se toma en cuenta en la fórmula química; dichos colores son variables en individuos de la misma especie, desapareciendo casi en totalidad si el mineral se reduce á polvo. Como hemos indicado, ofrecen ejemplo de estos colores casi todas las piedras finas.

Se admiten además los colores designados con el nombre de «movibles;» estos unas veces dependen de la diversa colocacion molecular; otras de alteraciones mas ó menos profundas, ya sea en la superficie ó en el interior de los cuerpos, y algunas de una modificacion química. Los mas notables de los colores movibles son: los conocidos con el nombre de «irisantes,» ó sea la «irisacion» que se observa en muchos minerales. Nadie ignora que la luz blanca al atravesar por láminas muy delgadas de muchos cuerpos experimenta una verdadera descomposicion, originando de esta manera bandas ó zonas de diferente color; á esta particularidad se refieren en general la mayor parte de los colores irisantes que se notan, como se ha dicho, en la superficie ó interior de muchas especies minerales. En varios ejemplares la lámina en la que la luz se descompone, está reducida á una ligera película de una materia extraña, que cubre la superficie del mineral, siendo resultado la mayor parte de las veces de una alteracion física ó química, operada en la superficie del cuerpo. Si la irisacion es resultado de la causa indicada, el fenómeno desaparece tan luego como se lava ó rompe el mineral; esto es lo que se observa en ciertos ejemplares de hierro oligisto, hematites parda, carbon de piedra y otros; los fenómenos de irisacion son mas permanentes cuando dependen esencialmente de la estructura de los cuerpos. En muchos minerales las irisaciones se notan no en la superficie, sino en el interior, siendo debidas en este caso á hendiduras ó mas bien á resquebrajamientos, como se ve en el yeso, caliza, cuarzo, etc.

La irisacion en varios minerales consiste en una serie de anillos coloreados, denominados «anillos» de Newton, cuya disposicion y aspecto pueden cambiarse en el yeso, como cuerpo esencialmente exfoliable, sin mas que comprimir las láminas de que está constituido. El cobre abigarrado ó cobre piritoso (Cu S. + Fe S.) presenta tambien colores irisantes, los cuales, segun la opinion de la mayor parte de los físicos y mineralogistas, son debidos á una verdadera descomposicion. Por último, ciertos ejemplares de ópalo presentan colores especiales, que á causa de su variedad y riqueza hacen que esta piedra sea tan estimada en la joyería. Algunos mineralogistas, y entre ellos Haüy, suponen que las irisaciones del ópalo resultan de ciertas hendiduras accidentales que existen en la piedra; pero para aceptar esta opinion, seria preciso que las citadas hendiduras se encontraran repartidas en toda la masa del mineral, puesto que cada uno de los pequeños fragmentos en que puede dividirse el ópalo por medio de la fractura ofrecen colores sumamente variados. Alguna variedad de dicho cuerpo presenta reflejos mas ó menos vivos y de un color amarillo de oro ó de un blanco lechoso, siendo denominada en este caso «ópalo girasol.»

Hay además ciertos cuerpos que parece que tienen en su interior una raya, mancha ó faja, la cual cambia de sitio y flota segun se mueve el cuerpo; tal es lo que se nota en el ópalo girasol citado anteriormente, en el mineral llamado piedra de Luna, en la cimofana y en la variedad de cuarzo denominada ojo de gato; este fenómeno constituye el «cambio de colores ó cambiante.»

Es preciso distinguir tanto en los colores propios como en los accidentales las particularidades siguientes: «1.ª la especie; 2.ª la intensidad; 3.ª el dibujo.» La especie se designa con los nombres de blanco, negro, añil, violado, azul, verde, amarillo, rojo y anaranjado, ó bien agregando otra palabra de comparacion, como rojo de cochinilla, amarillo de paja, blanco de plata, verde de montaña, azul celeste, etc. La intensidad se manifiesta, expresando si son los colores

bajos, subidos, claros, etc. El dibujo, que mas bien se refiere á los colores accidentales que á los propios, se expresa por medio de palabras ó epítetos que den una idea mas ó menos exacta de él; así, por ejemplo, si los minerales ofrecen rayas, venas, manchas, zonas, listas, bandas, etc., se dice que son rayados, venosos, zonados, listados, manchados, anubarrados, etc. Muchas de estas disposiciones diferentemente coloreadas han sido originadas por depósitos graduales y sucesivos; tal es lo que se observa en las variedades de ágata denominadas «onices, zonares y listadas;» la disposicion ruiniforme que presentan los «mármoles ruiniformes de Florencia,» es debida á la accion de gases ácidos procedentes del interior del globo.

Los colores propios son los únicos que ofrecen algun interés en el estudio de los minerales; sirven para diferenciar varios metales, sus óxidos y sulfuros, puesto que, por lo general, se hallan dotados de esta clase de colores; pero aun estos mismos suelen ser tan idénticos en muchos de ellos, que llevados solo de esta propiedad se involucrarian en una misma especie minerales que distan extraordinariamente respecto de los demás caractéres.

Fosforescencia.—Particularidad que tienen algunas sustancias mineralógicas de producir (ya sea por el frote, percusion, compresion, elevacion de temperatura ó exposicion á los rayos solares) en la oscuridad una luz ó ráfagas mas ó menos luminosas. Se conocen varios minerales que basta rozarlos ligeramente con las barbas de una pluma para que produzcan esta clase de fenómeno, v. gr. la blenda laminar; el cuarzo, pedernales y ciertos mármoles no son fosforescentes sino por la percusion ó choque, ó bien frotando dos ejemplares uno con otro; la variedad de espato fluor, llamada «clorofana,» produce ráfagas luminosas en la oscuridad á la temperatura del verano, ó sea á unos 30 ó 35°; mientras que las demás variedades del indicado espato fluor solo son fosforescentes á temperaturas bastante elevadas. Por lo general, los minerales fosforescentes no producen ráfagas luminosas sino por un calor intenso; en este caso se encuentra la «variedad compacta de fosforita,» que se halla en Logrosan, Montanchez y otros pueblos de la provincia de Cáceres.

Las ráfagas luminosas que se observan en la clorofana son de color blanco azulado, al paso que las de la fosforita ofrecen colores amarillo-verdosos; el diamante pulimentado tiene la particularidad de producir ráfagas luminosas en la oscuridad cuando se encuentra sometido por algun tiempo á la accion de los rayos solares. Se observa, además, que las variedades minerales que fosforescen con facilidad ofrecen, por lo general, ráfagas verdosas, mientras que presentan tintas mas variadas aquellas que desarrollan el fenómeno á temperaturas bastante elevadas. Conviene tener presente que la fosforescencia que se desarrolla por la accion del calor, es independiente de aquella que resulta de las acciones puramente mecánicas, supuesto que hay minerales que pierden la propiedad fosforescente cuando se les ha sujetado á temperaturas muy elevadas, y la desarrollan, no obstante, por medio de la frotacion ó la percusion.

Varias son las causas que contribuyen á que ciertas sustancias desarrollen el fenómeno de la fosforescencia, influyendo desde luego y de una manera notable el estado de la superficie; así, se observa, que hay varios cristales que no producen fosforescencia en su estado natural, mientras que la desarrollan cuando se despulimentan sus caras; por el contrario, los diamantes naturales expuestos á la accion de los rayos solares no son fosforescentes, pero presentan este fenómeno tan luego como han sido tallados y pulimentados. Si se tienen en cuenta estas circunstancias y la manera cómo se desarrolla la fosforescencia, debiera este carácter ser incluido entre los fenómenos eléctricos.

De lo dicho puede deducirse que la fosforescencia es propiedad poco importante, supuesto que variedades correspondientes á una misma especie mineral producen unas ráfagas luminosas y otras no; así, por ejemplo, las variedades compactas de la fosforita de Extremadura fosforescen echadas en las ascuas y producen ráfagas amarillento-verdosas, al paso que las cristalizadas que se encuentran en Jumilla (Murcia) carecen de esta propiedad.

CARACTÉRES ELECTRO-MAGNÉTICOS

Todas las especies minerales son susceptibles de desarrollar la electricidad, ya sea por frotamiento, presion, percusion, contacto, elevacion de temperatura y acciones químicas; pero, se designa especialmente con el nombre de minerales eléctricos, á todos aquellos que adquieren este carácter sin necesidad de que se encuentren aislados. Se conocen cuerpos que conservan por mas ó menos tiempo las virtudes eléctricas, mientras que hay otros que no las adquieren sino cuando se les ha aislado; de aquí la division de «cuerpos no conductores ó idio-eléctricos» y de «conductores ó aneléctricos;» en el primer grupo figuran el azufre, succino ó ámbar amarillo, y en general las resinas y betunes; en el segundo se cuentan las sustancias metálicas.

La mayor ó menor trasparencia, la forma cristalina, el pulimento y el lustre influyen esencialmente en la especie de electricidad que manifiesta la sustancia mineralógica; así se nota que los cuerpos diáfanos ó trasparentes y brillantes adquieren la electricidad vítrea ó positiva, al paso que desarrollan la negativa ó resinosa si se les trasforma ó convierte en opacos y mates. Sucede además que dos cristales pertenecientes á una misma especie, ó que presentan la misma naturaleza y composicion química, pueden desarrollar el uno la electricidad vítrea ó positiva y el otro la resinosa ó negativa; esta circunstancia se observa en el mineral llamado «disthena» (de *dis*, dos, *sthenos*, fuerza), cuya especie desarrolla en una de sus caras la electricidad positiva, y en la opuesta la negativa.

Los minerales idio-eléctricos ó no conductores, unos adquieren las virtudes eléctricas con suma facilidad y la conservan por bastante tiempo, mientras que hay otros que tardan en desarrollarla y la pierden muy pronto; en el primer caso se encuentran el espato de Islandia y el topacio, los cuales desarrollan la electricidad por una simple presion ó aumento de temperatura, adquiriendo, sin embargo, el primero la electricidad vítrea y el segundo la negativa; en el segundo caso se hallan el diamante y cuarzo, cuyas especies desarrollan la electricidad positiva por medio del frote, pero la pierden á poco de haberla adquirido.

La turmalina, el citado topacio y cuarzo, la baritina, calamina, axinita, rutilo y otras varias especies adquieren propiedades eléctricas por la accion del calor, presentando al propio tiempo dos polos diferentes; en uno de los extremos del cristal aparece la electricidad positiva y en el otro la negativa, cuya diferencia guarda relacion con la forma cristalina, por cuanto la extremidad positiva ofrece caras de distinta naturaleza que la negativa.

Polarizacion eléctrica de la turmalina, topacio, axinita, etc.—Esta clase de polarizacion fué estudiada por Haüy en la turmalina, cuyo mineralogista dedujo algunas consecuencias erróneas de las observaciones que hizo sobre este mineral; mas tarde fué estudiado este fenómeno por Mr. Becquerell, el cual, en virtud de las observaciones y experimentos hechos en el mine-

ral citado y en algunos otros, ha deducido los principios siguientes:

1.° Que la electricidad polar se desarrolla á temperaturas diferentes, relacionadas con las distintas especies mineralógicas y siendo casi constantes en cada una de ellas.

2.° Que la energía ó intensidad eléctrica es mayor, cuanto mas elevada es la temperatura.

3.° Que desaparece todo indicio de electricidad en el momento en que la temperatura permanece estacionaria.

4.° Que si la temperatura empieza á disminuir, vuelve á aparecer la electricidad polar, pero en sentido inverso, esto es, que el polo positivo se trasforma en negativo y al revés.

Los fenómenos eléctricos que resultan de la accion del calor son desde luego mas constantes que los producidos por la presion, frote, percusion, contacto, etc.

Experimentos de Riess y de Gustavo Rose.—Las observaciones llevadas á cabo por Becquerell han manifestado las particularidades eléctricas con relacion al calor, pero nada indican respecto de la posicion de los ejes y de los polos eléctricos. Los autores citados han estudiado esta cuestion bajo los dos puntos siguientes: «1.° posicion de los polos y de los ejes eléctricos; 2.° naturaleza de la electricidad desarrollada en los polos.»

En los minerales que Haüy estudió bajo el punto de vista de la electricidad polar, los ejes piro-eléctricos coinciden ó se confunden con los ejes de cristalizacion. Pero, segun Riess y Rose, existen otras sustancias, tales como la turmalina, topacio, calamina, baritina, cuarzo, rutilo, axinita, boracita, etc., en las cuales pueden dividirse los polos en tres secciones: «1.ª sustancias ó cristales de polos terminales; 2.ª de muchos ejes eléctricos; 3.ª de polos centrales.» Los cristales de polos terminales se presentan en prismas ó fibras mas ó menos gruesas, libres ó unidas, en cuyos extremos se hallan ó se desarrollan los polos eléctricos; en este caso no no hay mas que un eje eléctrico que se confunde con el eje principal de cristalizacion; tal es lo que se observa en la turmalina, calamina y escolecita. La axinita presenta dos ejes eléctricos diferentes de los ejes de cristalizacion; el primero toma orígen del ángulo lateral del lado derecho del paralelepípedo agudo ó prisma oblicuo insimétrico, y termina en el lado izquierdo cerca del ángulo sólido culminante; el segundo eje tiene una posicion semejante en el sitio opuesto al primero; estos dos ejes no se cruzan en la parte media del cristal como se nota en los ejes cristalinos. Existen en la boracita catorce polos eléctricos, ocho que corresponden á los ángulos sólidos, y seis en el centro de las caras. El topacio, y la prehenita (silicato de alúmina y cal hidratado) ofrecen polos centrales; la primera de estas especies, que cristaliza en un prisma romboidal recto, por medio del calor presenta en todos los puntos de su eje principal una electricidad contraria á la que se desarrolla en las diferentes aristas obtusas del prisma, mientras que en las agudas no se nota indicio alguno de electricidad; el mismo fenómeno se observa en la prehenita, cuya cristalizacion es idéntica á la del topacio.

Segun lo indicado en el cuarto principio de Becquerell, sabemos que si la temperatura disminuye vuelve á aparecer la electricidad polar en sentido inverso, pero no se averigua la naturaleza de la electricidad que se produce; Riess y Rose han demostrado que esta es constantemente la misma en un mismo polo de una sustancia determinada; así, por ejemplo, un polo ó un extremo del mineral que adquiere la electricidad vítrea ó positiva por la accion del calor, tomará la negativa por enfriamiento, estando por lo tanto relacionada su electricidad con el género de temperatura, puesto que cuando esta aumenta el polo será positivo, y cuando disminuye se convertirá en negativo; por esta razon se le denomina «polo análogo,» mientras que se llama «antílogo» aquel otro que es negativo si la temperatura aumenta, y positivo cuando esta disminuye.

Procedimientos ó aparatos que se emplean en mineralogía para observar la electricidad.—Para averiguar si un mineral está dotado de la electricidad positiva ó negativa se emplean los aparatos designados con el nombre de electróscopos y electrómetros, cuya descripcion y manejo corresponde mas bien á una obra de física que de mineralogía. El electróscopo generalmente empleado por los mineralogistas es el de espato de Islandia: consiste este aparato en una barra ó aguja metálica que lleva en uno de sus extremos un prisma bien terminado y homogéneo de espato de Islandia; en su parte media se halla provista de una lámina metálica ó de otra sustancia resistente que se coloca ó se apoya sobre un eje al rededor del cuál gira, sirviéndole al propio de apoyo ó sustentáculo. Para operar con este aparato, basta comprimir entre los dedos el cristal de espato de Islandia, el cual, como se ha dicho, desarrollará la electricidad vítrea ó positiva; inmediatamente despues se acerca el cuerpo cuyo género de electricidad se quiere determinar, sometiéndole, sin embargo, antes á la presion, elevacion de temperatura, frotamiento, etc., para desarrollar en él virtudes eléctricas; en este caso si el cuerpo en cuestion está dotado de electricidad negativa atraerá al espato de Islandia, mientras que le rechazará si su electricidad es positiva.

La electricidad es carácter de escasa importancia, puesto que solo en determinados casos y auxiliada de otros caractéres sirve para reconocimiento de algunas especies.

Magnetismo.—Se da este nombre á la particularidad que tienen algunas sustancias de ejercer una accion directa sobre la aguja magnética ó vice-versa. El magnetismo se observa en muy pocas especies, pudiendo decirse que es una propiedad exclusiva del hierro, de varios de sus compuestos y de alguna que otra sustancia metálica. Los verdaderos metales magnéticos son, por el órden en que van expuestos, los siguientes: hierro, níquel, cobalto, cerio, manganeso, cromo, molibdeno y lantano.

Las sustancias que realmente ejercen accion sobre la aguja magnética son las siguientes:

Sustancias metálicas	Sustancias pétreas
Hierro nativo y aerolitos	Aujito.
Iman natural.	Hornblenda.
Negrina (Titanato de hierro).	Granates (algunos).
Leberquisa (Sulfuro de hierro).	Hiperstena.
Hierro oligisto: (algunas variedades).	Micas (algunas).
Minerales de platino (idem).	
Sílico-aluminatos de hierro (id.).	

A esta lista pueden agregarse ciertas rocas que ofrecen el magnetismo en mayor ó menor grado; tales son, entre otras, el basalto, dolerita, traquita, algunas serpentinas, pórfidos negros, etc.

Los minerales magnéticos obran sobre la aguja magnética de dos maneras diferentes: en una, ejercen simplemente atraccion sobre uno y otro polo ó extremo de la aguja: en la otra, la atraen por uno de sus extremos y la repelen por el otro; este último fenómeno, que se conoce con el nombre de «magnetismo polar ó activo,» le presentan el «hierro magnético ó iman natural,» la «pirita magnética,» que como hemos dicho es sulfuro de hierro, aunque con distinta com-

posicion molecular que la pirita amarilla, los aerolitos y la «nigrina.»

Por medio de la aguja magnética puede sospecharse si un mineral contiene níquel, cromo, cobalto ó cerio, puesto que, como se ha dicho, estos cuerpos ejercen tambien una accion mas ó menos directa sobre dicho aparato; el manganeso es susceptible de desarrollar propiedades magnéticas á la temperatura de 25 ó 20 grados bajo cero; finalmente, algunas especies de hierro que no son magnéticas en su estado ordinario, adquieren esta particularidad por la accion del calor; v. gr., la «pirita amarilla» (sulfuro de hierro) y la «limonita ó hematites parda» (óxido de hierro hidratado).

CARACTERES ORGANOLEPTICOS

Se incluyen en este grupo los caractéres ó particularidades que se aprecian por medio del sentido del «olfato,» del «gusto, tacto y oido.»

OLOR.—Impresion que producen en el sentido del olfato las partículas que se desprenden de ciertas sustancias mineralógicas, y que son trasmitidas á este órgano por medio del aire. Los olores, á semejaza de los colores, pueden ser de dos clases; «propios y accidentales:» los primeros dependen exclusivamente de la naturaleza del mineral; los segundos son debidos á las materias ó sustancias que se encuentran mezcladas ó interpuestas en la masa del mismo mineral.

Unos y otros se desarrollan mediante el «frote ó la percusion, la elevacion de temperatura y la combustion;» se conocen, sin embargo, algunos que ofrecen un olor propio sin necesidad de recurrir á estos procedimientos; tal es lo que se observa en la nafta, petróleo, ácido sulfuroso, hidrógeno sulfurado ó gas de los huevos podridos y ácido hidroclórico. Desarrollan olor propio por medio del frotamiento el succino ó ámbar amarillo, azufre, cobre y estaño; el cuarzo, pedernal y otras varias sustancias silíceas presentan un olor propio especial mediante la percusion; lo mismo se nota en la pirita de hierro que produce por la accion del eslabon un olor característico; los sulfuros, arseniuros y seleniuros ofrecen tambien olores propios por la combustion ó elevacion de temperatura y en contacto del oxígeno del aire; así, por ejemplo, los primeros producen un olor sulfuroso ó de pajuela, si se les quema en contacto del aire; los arseniuros, el mismo arsénico y en general los cuerpos en que entre este cuerpo, desarrollan por la combustion, un olor particular que recuerda el olor de los ajos; los seleniuros y demás compuestos de selenio ofrecen tambien por medio de la combustion un olor de rábano ó de berza podrida; el succino ó ámbar amarillo arde exhalando un olor aromático agradable, así como la mayor parte de los betunes y aun algunos carbones desprenden olor bituminoso ó empireumático.

Los olores accidentales, como se ha dicho, dependen de las diversas sustancias extrañas que los minerales contienen entre sus poros; estos olores, lo mismo que los propios, pueden desprenderse inmediatamente ó bien por la elevacion de la temperatura, percusion, etc.; tal es lo que sucede en ciertos ejemplares que contienen cloro, petróleo ó materias bituminosas. Las variedades de caliza, denominadas mármoles negros, desarrollan por la frotacion ó percusion un ligero olor bituminoso, mientras que le producen de hidrógeno sulfurado ó de huevos podridos, las llamadas «calizas fétidas ó hepáticas;» las primeras contienen en su interior materias bituminosas y las segundas ácido hidrosulfúrico; algunas maderas halladas en las célebres minas de sal comun de Wieliczka (Polonia) exhalan un olor muy pronunciado de trufas, cuyo olor le pierden á poco tiempo de haber sido extraidas; otros minerales desprenden, cuando se les quema, un olor amoniacal debido á ciertas materias orgánicas que contienen en su interior. Por último, existen algunas sustancias mas ó menos terrosas que, mediante la insuflacion ó echándolas el aliento, producen un olor particular y análogo al de la tierra mojada; en este caso se encuentran las arcillas, las margas arcillosas, ocres y otras diversas especies.

Los olores, salvas ligeras excepciones, no pueden servir para el reconocimiento de las sustancias mineralógicas; por otra parte, este carácter se halla relacionado mas bien con las propiedades químicas que con las físicas, correspondiendo, por lo tanto, su estudio á las primeras mejor que á las segundas.

SABOR.—Este carácter en realidad es químico mas bien que físico: consiste en la sensacion que en el sentido del gusto producen algunas sustancias solubles en el agua y por consiguiente en la saliva; de aquí que, segun los cuerpos estén ó no dotados de esta particularidad, se llamarán «sápidos ó insípidos.» Los primeros se distinguen comparando su sabor con el de sustancias conocidas y comunes; así, se dice sabor agrio, al que presenta el ácido sulfúrico ó aceite de vitriolo; picante, al de la sal de amoniaco ó cloruro amónico; sabor salado y fresco, al de la sal comun ó cloruro de sodio; amargo, al de la sal de Calatayud ó epsomita; sabor de tinta, al del alumbre del comercio; metálico ó esencialmente estíptico, al que ofrecen el sulfato de cobre y de hierro, conocidos respectivamente con los nombres de vitriolo azul y de vitriolo verde; fresco y algo picante, al del nitro; dulce, al del borato de sosa.

El carácter del sabor, á semejanza de los olores, salvo en las especies mineralógicas citadas y alguna otra, no tiene importancia para distinguir y reconocer los minerales.

UNTUOSIDAD Y CRASITUD.—Propiedad que presentan algunas especies minerales de producir en el sentido del tacto una sensacion análoga á la que causa un cuerpo jabonoso ó craso cuando se le frota ó comprime entre las manos. Esta particularidad puede depender unas veces de la naturaleza ó composicion química de la sustancia mineralógica, y otras de la estructura que esta presenta. Los cuerpos constituidos ó que tienen por base la magnesia ú óxido de magnesio son, por lo comun, untuosos al tacto; como, por ejemplo, el «talco, esteatita, pagodita, serpentina y magnesita;» aquellos otros cuya estructura es escamosa ó terrosa presentan tambien este carácter en mayor ó menor grado, v. gr., el «grafito ó lápiz plomo, la molibdenita ó sulfuro de molibdeno, la creta ó caliza terrosa, el kaolin ó tierra de porcelana» y algunos otros menos importantes. Son, por el contrario, ásperos aquellos ejemplares ó variedades que tienen estructuras laminar, granuda ó porosa; tal es lo que se nota en los «granitos, piedra pómez, traquitas.» Los minerales fibrosos, de fibras cortas, vítreas y poco agregadas, producen tambien una sensacion de aspereza en el sentido del tacto; esta impresion es debida á que las fibras por la presion de los dedos se rompen con facilidad en agujas pequeñas, las cuales reduciéndose á un polvo áspero y penetrando en el interior de la piel producen la sensacion indicada. Entre los minerales suaves y ásperos pueden colocarse aquellos otros que ofrecen una impresion de sequedad cuando se les toca; esta particularidad se atribuye á la absorcion de la humedad que existe constantemente en la mano á consecuencia de la traspiracion insensible.

FRIALDAD.—Sensacion de frio que producen algunas sustancias en el sentido del tacto. Puede decirse que casi todos los minerales son frios al tacto; sin embargo, los cuerpos combustibles, ó mejor dicho, los minerales de orígen

orgánico, como el lignito, succino y otros ofrecen el fenómeno opuesto. La mayor ó menor frialdad que producen los cuerpos depende esencialmente de la densidad relativa, de su buena conductibilidad calorífica, de la dureza y del estado de la superficie. Por medio de este carácter se distinguen el cuarzo cristalizado ó en masas cristalinas del vidrio, puesto que la primera de estas sustancias produce sobre la mano ó la mejilla una sensacion de frio mayor que la del segundo; se diferencian tambien por este carácter las piedras ó productos artificiales que imitan mas ó menos bien á ciertos minerales; así, por ejemplo, se distinguen desde luego todos los objetos de mármol ó de jaspe de aquellos otros que sean de estuco, porque la sensacion de frio que causan los primeros es siempre mayor que la del segundo. Existen algunos cuerpos que en vez de producir frialdad, ofrecen, por el contrario, una impresion de calor mas ó menos intensa, la cual reconoce por causa las diversas combinaciones ó reacciones químicas que se operan en los indicados cuerpos, siendo, por consecuencia, un efecto químico, y por lo tanto perteneciente á los caractéres de este nombre.

Se comprende fácilmente que el carácter de la frialdad no puede usarse sino en cuerpos que se diferencien mucho entre sí bajo esta propiedad, porque es muy difícil apreciar los diferentes grados que existen entre unas y otras.

IMPRESION DE PESO Ó PESANTEZ.—La sensacion de peso ó la mayor ó menor presion que los minerales ejercen en la mano se considera tambien como un carácter organoléptico. Por este medio se separan la mayor parte de los minerales pétreos de los metálicos, porque en general los primeros nunca producen una presion tan considerable como los segundos. Werner, teniendo en cuenta esta circunstancia, dividió los minerales en cinco grupos, como se ve en el cuadro siguiente:

Nombres.	Peso específico.	Ejemplos.
Muy ligeros. . .	Inferior á 1. . .	Nafta, petróleo, piedra pómez.
Ligeros. . . .	de 1 á 2. . . .	Succino, carbon de piedra.
Poco pesados. .	de 2 á 4. . . .	Caliza, fosforita, aragonito.
Pesados. . . .	de 4 á 6. . . .	Baritina, jacinto, pirita de hierro.
Muy pesados. .	de 6 á 22. . .	Platino, oro, cinabrio.

Por regla general, los minerales de orígen orgánico son muy ligeros ó ligeros; las piedras poco pesadas; y los metales y sus compuestos muy pesados.

APEGAMIENTO Á LA LENGUA.—Hay algunas sustancias mineralógicas que presentan la particularidad de adherirse ó pegarse á la lengua ó á los labios, hasta el punto de dejar en estos órganos cuando se separan de ellos parte de su masa. Dicha propiedad depende de la accion puramente capilar que algunos cuerpos porosos y térreos ejercen sobre la humedad que existe en la lengua ó en los labios. Puede decirse que el apegamiento á la lengua es propio de todas las sustancias «arcillosas,» de los «ocres» ó minerales de hierro que contengan arcillas, de la «magnesita» y de algunos otros menos comunes.

SONORIDAD.—En realidad este carácter carece en absoluto de importancia en el estudio de las especies minerales, teniendo aplicacion únicamente en las rocas, y sobre todo en la denominada «fonolita,» palabra tomada de otras dos griegas (*fonos*, sonido, *litos*, piedra), esto es, piedra sonora, por el sonido particular que produce por medio del martillo.

CARACTERES QUIMICOS

Se comprenden en esta seccion de caractéres todas aquellas propiedades que se relacionan con la naturaleza ó composicion química de los cuerpos, así como las diversas reacciones ó acciones moleculares que se verifican al ponerse en contacto unos de otros. Para apreciar estas circunstancias no son á propósito los medios ó procedimientos que se han indicado anteriormente, sino que es necesario, por el contrario, sujetar los minerales á ciertas operaciones mediante las que se lleguen á determinar los elementos que los constituyen, así como las proporciones ó partes de cada uno de estos elementos.

Es cierto que en varios casos no es preciso echar mano de los caractéres químicos para llegar á establecer y distinguir las especies minerales, siendo suficiente un análisis ó estudio detenido de la forma regular, estructura, refraccion, peso específico, dureza, etc.; pero para determinar y constituir especies mineralógicas por estos caractéres físicos, es necesario é indispensable tener una gran costumbre y una larga práctica de clasificar, así como estar dotado de cualidades especiales para el estudio de los minerales. El célebre mineralogista Mohs, como veremos, fundó la clasificacion y las especies minerales en particularidades tomadas de los caractéres físicos; el mineralogista español Sr. D. Donato García que falleció en 1854, y que desempeñó la cátedra de Mineralogía del Museo de Historia natural de Madrid por mas de 25 años, reconoció y distinguió multitud de especies, sin mas que los caractéres físicos de dureza, peso, forma, y empleando á lo sumo, y en raras ocasiones, como único reactivo el ácido nítrico. Pero tambien en verdad y verdad innegable, que no todos los que se dedican al estudio de los minerales se hallan dotados de las condiciones especiales que reunia este notable mineralogista, como tampoco cuentan con la larga práctica que tenia para la distincion de las especies; y sin embargo, á pesar de estas dotes particulares, el Sr. García dejó de clasificar muchos ejemplares y confundió no pocos en una misma especie, siendo así que correspondian á otras muy diferentes.

Teniendo presentes los caractéres químicos se han separado, para constituir especies diferentes, minerales que ofrecen entre sí grandes afinidades en sus cualidades físicas. Nadie ignora, por ejemplo, los grandes puntos de contacto que presentan los granates melanito y almandino en su cristalizacion, color, dureza, peso específico, etc., hasta el punto que guiados los mineralogistas por estos caractéres los incluirian en una misma especie, siendo así que todos, teniendo en cuenta su distinta composicion, los colocan en dos grupos diferentes, supuesto que el primero de los granates citados es un silicato de hierro y de cal, y el segundo un silicato de alúmina y de hierro.

A su vez, y teniendo presente la composicion química, se han agrupado en una misma especie minerales que se diferencian mucho en sus caractéres físicos; así, por ejemplo, el espato de Islandia, los mármoles de Carrara y comunes, la caliza de construccion, la piedra litográfica, las cales hidráulicas, la creta, el agarico mineral ó harina fósil y otras variedades se hallan reunidas por todos los mineralogistas en la especie «carbonato de cal» de los químicos ó cal carbonatada de Haüy; otro tanto ha sucedido con el cuarzo cristalizado, ágatas, pedernales, jaspes, ópalo y cuarzo néctico, cuyas variedades corresponden á la especie «sílice ó ácido silícico.» Esta preferencia concedida á la composicion química para constituir las especies minerales, ha sido reconocida por Berzelius, Beudant, Dufrenoy, Delafosse, y aun por los mismos Haüy y Werner.

No queremos nosotros manifestar con lo dicho anteriormente, que los caractéres físicos deban desecharse por completo en la formacion, y mas particularmente en el reconocimiento y diferenciacion de las especies minerales; tampoco queremos indicar que el mineralogista necesite siempre valerse de operaciones químicas minuciosas y detenidas que le lleven á determinar la análisis cuantitativa de los cuerpos, supuesto que procediendo de este modo convirtiríamos la mineralogía en una rama muy secundaria de la química. Como naturalistas solo estudiaremos los elementos químicos que entran en la formacion de los minerales, esto es, solo llegaremos á la determinacion de la análisis cualitativa, empleando para ello medios fáciles, sencillos y que estén al alcance de las personas poco versadas en la ciencia química.

COMPOSICION DE LOS MINERALES Y NOMENCLATURA QUIMICA

Los cuerpos existentes en la naturaleza se dividen en dos grandes grupos: á saber, 1.° simples; 2.° compuestos. Se denominan cuerpos simples todos aquellos que constan de una sola clase de materia y que, por consecuencia, no se pueden descomponer: ejemplos, el oro, plata, mercurio, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, etc.; compuestos, aquellos otros que están constituidos de dos ó mas clases de moléculas diferentes, dividiéndose, por lo tanto, en binarios, ternarios, cuaternarios, etc.; se designa con el nombre de binarios, á los formados por dos cuerpos simples, v. gr. el agua que consta de oxígeno é hidrógeno; el bermellon, de mercurio y azufre; el ácido sulfúrico, de oxígeno y azufre, etc.; ternarios, á los compuestos de tres elementos, como son ejemplos entre otros muchos, la piedra caliza ó caliza de construccion, que se halla constituida por el oxígeno, el carbono y el calcio; la fosforita, que está formada por el oxígeno, fósforo y calcio; la plata roja oscura, compuesta de plata, azufre y antimonio, etc.; cuaternarios, á los que constan de cuatro cuerpos simples, v. gr. el alumbre del comercio, que se compone de oxígeno, azufre, aluminio y potasio; la esmeralda, que á su vez se halla constituida por el oxígeno, silicio, aluminio y glucinio.

Nombres que reciben los cuerpos simples.—La regla general que se sigue en química para denominar los cuerpos simples, se reduce á que el nombre con que se designa cualquiera de estos no indique en modo alguno ninguna de sus propiedades mas ó menos importantes, supuesto que muy bien puede existir ó descubrirse otro cuerpo nuevo que esté dotado de análogas propiedades que el primero; así, por ejemplo, debiera desecharse el nombre de oxígeno, que quiere significar yo formo ácidos, porque hay otros cuerpos simples, tales como el cloro, bromo, azufre, etcétera, que engendran tambien ácidos cuando se unen con algun otro elemento; el nombre de ázoe, que indica que no sirve para la vida, no se admite hoy en la ciencia, porque existen otros muchos que tampoco son á propósito para la vida, tales son, por ejemplo, el cloro, ácido sulfuroso, hidrógeno sulfurado, etc. Asi los nombres de hierro, plata, potasio, cobre, sodio, mercurio, etc., cuyos nombres se toman de palabras latinas, están bien dados, puesto que obedecen á la regla indicada.

Los elementos ó cuerpos simples se han dividido por los químicos en dos grandes grupos: 1.° metaloides; 2.° metales (1). Los metaloides se caracterizan porque en general carecen de brillo metálico, son electro-positivos respecto de los metales que son negativos, y, sobre todo, porque combinados con el oxígeno forman cuerpos ácidos; los metales ofrecen si se quiere las cualidades contrarias; presentan casi siempre lustre metálico, son electro positivos, estando caracterizados esencialmente por formar óxidos básicos cuando se unen con el oxigeno. Se llaman cuerpos ácidos aquellos que tienen la propiedad de enrojecer las tinturas azules vegetales y de unirse con los óxidos básicos para constituir sales; se denominan bases ú óxidos básicos, á los compuestos que ofrecen la particularidad de restablecer el color azul de las tinturas vegetales que hayan sido enrojecidas por los ácidos, y la de combinarse con estos para formar tambien sales.

(1) Las divisiones de los cuerpos simples y las de los compuestos que se admiten en esta obra, no son mas que convencionales y arbitrarias, como todas las demás que se admiten en la química.

Teniendo presente que los caractéres de brillo, densidad y electricidad asignados á los cuerpos metaloides y metálicos pueden presentarse recíprocamente en unos y otros, los químicos han convenido en dividir mejor los cuerpos en otros dos grupos diferentes que son: electro-positivos y electro-negativos: se llaman electro positivos, aquellos que puestos en contacto de la pila eléctrica van al polo negativo, y electro-negativos los que se dirigen al polo positivo. Así, el oxígeno siempre va al polo positivo, y en este concepto se dice que es el elemento mas electro-negativo, mientras que el potasio libre ó en combinacion con otro cuerpo, tan luego como aquella se descompone, se dirige al polo negativo, por lo cual se indica que es el mas electro-positivo de todos los cuerpos. De lo dicho anteriormente se deduce, que habrá elementos que en unos casos serán positivos y en otros negativos; por ejemplo, el cloro será positivo si se combina con el oxígeno, y negativo cuando se une al hierro, cobre y demás metales; de manera que en toda combinacion existirá un elemento ó un grupo de elementos que serán electro-positivos, y otro ú otros que á su vez serán negativos: v. gr. en el ácido sulfúrico, cuerpo binario compuesto de azufre y oxígeno, el primero es positivo y el segundo negativo; en la potasa ú óxido de potasio, que está formado de potasio y oxígeno, el primero es positivo y el segundo negativo; pero en el sulfato de potasa, cuerpo ternario que resulta de la union del ácido sulfúrico con el óxido de potasio, el ácido es electro-negativo y el óxido es positivo.

A continuacion ponemos la lista de los cuerpos simples que se conocen y admiten hoy por los químicos, colocados por el órden de su electricidad negativa y con los signos que se representan en química.

Nombres y signos de los cuerpos simples

Oxígeno..	O.	Ilmenio..	Il.
Fluor..	Fl.	* Plata..	Ag.
Cloro.	Cl.	* Mercurio. . . .	Hg.
Bromo.	Br.	Urano.	U.
Iodo..	I.	* Cobre.	Cu.
* Azufre.	S.	Thalio.	Th.
Selenio.	Se.	* Bismuto.. . . .	Bi.
Fósforo..	Ph.	Estaño..	St.
Nitrógeno.. . . .	N.	* Plomo.	Pb.
* Carbono.. . . .	C.	Cadmio..	Cd.
Boro..	Bo.	Zinc..	Zn.
Silicio.	Si.	Níquel.	Ni.
* Arsénico. . . .	As.	Cobalto..	Co.
Cromo.	Cr.	* Hierro.	Fe.
Vanadio.	V.	Manganeso. . . .	Mn.
Molibdeno.. . . .	Mo.	Cerio.	Ce.
Tungsteno.. . . .	Vv.	Lantano.	La.
* Antimonio. . . .	Sb.	Didimio.	D.
Teluro.	Te.	Erbio.	E.
Pelopio..	Pp.	Terbio.	Tr.

Thorinio.	Th.	Itrio.	Y.
Zirconio.	Zr.	Glucinio.	G.
Niobio.	Nb.	Galio.	Ga.
Tantalo.	Ta.	Aluminio.	Al.
Titano.	Ti.	Magnesio.	Mg.
* Oro.	Au.	Calcio.	Ca.
Indio.	In.	Estroncio.	Sr.
Hidrógeno.	H.	Bario.	Ba.
Osmio.	Os.	Litio.	Li.
Rutenio.	Ru.	Sodio.	Na.
* Iridio.	Ir.	Potasio.	K.
* Platino.	Pt.	Cesio.	Cs.
* Rodio.	R.	Rubidio.	Rb.
* Paladio.	Pd.		

Los cuerpos que van señalados con un asterisco se encuentran aislados ó nativos; algunos mineralogistas cuentan tambien como elementos aislados al hidrógeno, nitrógeno, cloro y aun oxígeno, pero teniendo nosotros presente que solo en muy raras ocasiones se encuentran aislados, no los comprendemos en este grupo.

Los cuerpos incluidos en el grupo de los llamados metaloides son los siguientes:

Oxígeno.	Carbono.
Fluor.	Boro.
Cloro.	Silicio.
Bromo.	Fósforo.
Iodo.	Nitrógeno.
Azufre.	Arsénico.
Selenio.	Hidrógeno.
Teluro.	

Todos los demás corresponden á los metales, los cuales, para su mas fácil estudio, pueden dividirse, segun Regnault y otros químicos, en los grupos siguientes:

1.° Metales alcalinos: potasio, sodio y litio.

2.° Metales alcalinos térreos: calcio, bario y estroncio.

3.° Metales térreos: aluminio, magnesio, glucinio, galio, circonio, cerio y lantano.

4.° Metales propiamente dichos: hierro, manganeso, cromo, zinc, cobalto, níquel, estaño, titano, antimonio, bismuto, plomo, cobre, molibdeno, tungsteno, mercurio, plata, oro, platino, iridio, osmio, rodio y paladio (1).

Finalmente los mineralogistas dividen los elementos ó cuerpos simples en dos grupos que son: 1.° mineralizadores, que corresponden en general á los metaloides ó electro-negativos; 2.° mineralizables, que á su vez corresponden á los electro-positivos ó metálicos: entre los primeros se cuentan el oxígeno, azufre, arsénico, fósforo, cloro, fluor y carbono (2); los cuerpos mineralizables son todos los demás. El oxígeno, cuerpo mineralizador por excelencia, forma parte por lo menos de cuatrocientas especies mineralógicas; el azufre de unas ochenta; el arsénico, que casi siempre se une al azufre para mineralizar á otros cuerpos, se encuentra en unas veinte; los demás, como el cloro, fluor y carbono, se hallan en un número muy reducido de especies.

NOMENCLATURA DE LOS CUERPOS BINARIOS, TERNARIOS Y CUATERNARIOS

Al combinarse los cuerpos simples unos con otros, pueden formar, como se ha dicho, compuestos binarios, ternarios y cuaternarios: compuestos binarios (ácidos, óxidos básicos ó bases y óxidos neutros); ternarios, que resultan de la combinacion de dos binarios, de los cuales es comun el elemento mas electro-negativo (sales); y cuaternarios, los formados por la union de dos ternarios, siendo comunes los dos elementos mas electro-negativos (sales dobles).

NOMBRES QUE RECIBEN LOS CUERPOS BINARIOS.—Estos compuestos pueden contener oxígeno (binarios oxidados) y pueden carecer de él (binarios no oxidados). Los binarios oxidados son, como tambien se ha indicado al principio, ó ácidos ú óxidos (3).

Los compuestos oxidados ácidos se designan anteponiendo la palabra ácido (que representa el nombre genérico y que se refiere al oxígeno que contienen) al cuerpo electro-positivo que se combina con el oxígeno, y terminando aquel en ico ó en oso segun sea su mayor ó menor oxidacion. Si existen mas de dos compuestos ácidos de un mismo radical, se anteponen á este las palabras *hipo*, que quiere decir debajo ó inferior, y se le termina tambien en ico ó en oso, segun sea el grado de oxidacion. Un mismo cuerpo puede constituir al combinarse con el oxígeno hasta cinco compuestos de propiedades ácidas; en este caso, al ácido mas oxigenado se le antepone la palabra *hiper* ó *per*, que quiere significar, encima ó superior. Por medio de ejemplos vendremos en conocimiento de lo dicho anteriormente; el cloro, cuerpo simple, se une con el oxígeno constituyendo cinco compuestos ácidos, los cuales reciben los nombres siguientes:

(1) En estos grupos no se citan mas que los metales mas comunes é importantes.

(2) Algunos mineralogistas consideran tambien como cuerpos mineralizadores al hidrógeno, silicio y nitrógeno, pero en realidad pertenecen al segundo grupo.

(3) Todos los principios y fundamentos de la nomenclatura química que aceptamos, están basados en la teoría dualística ideada por Lavoisier, Guiton de Morveau, Fourcroi y seguida despues por otros notables químicos; esta teoría consiste en suponer que dos cuerpos simples de diferente electricidad, se reunen entre sí para constituir los cuerpos binarios; que los compuestos binarios se combinan á su vez y forman los cuerpos ternarios; y los ternarios unidos tambien entre sí constituyen los cuerpos cuaternarios; así, por ejemplo, el oxígeno y azufre, cuerpos simples, se combinan y forman el compuesto binario llamado ácido sulfúrico; el mismo oxígeno unido con el potasio constituye el cuerpo binario denominado óxido de potasio ó potasa; si á su vez se combinan estos dos cuerpos binarios, es decir, el ácido sulfúrico y el óxido de potasio, forman el cuerpo ternario designado con el nombre de sulfato de potasa, en el que si se analiza su fórmula ($KO, SO3$), se verá que el oxígeno es comun al óxido y al ácido; finalmente el cuerpo cuaternario, llamado alumbre del comercio, resulta de la union de dos ternarios que son: sulfato de potasa y sulfato de alúmina, en los cuales examinada la fórmula ($KO, SO3 + Al2\ O3, 3\ SO3$), se observa que son comunes los dos elementos mas electro-negativos, ó sean el oxígeno y azufre.

Segun esta nomenclatura, todo cuerpo compuesto, sea binario, ternario ó cuaternario, recibe dos nombres, uno genérico y otro específico: el primero se toma del elemento ó principio electro-negativo, y el segundo del electro-positivo; así, por ejemplo, en el cuerpo llamado óxido de plata, la palabra óxido, (que indica que hay oxígeno), representa el nombre genérico, así como plata designa el específico, puesto que el metal es el elemento electro-positivo, mientras que el oxígeno es el negativo; otro tanto sucede con el cuerpo denominado sulfuro de mercurio, la palabra sulfuro, tomada de *sulfur* (voz latina que significa azufre), representa el nombre genérico, y la de mercurio manifiesta el nombre específico.

Las ventajas que ofrece esta nomenclatura, llamada binaria ó dualística, sobre la vulgar, son las dos siguientes: 1.ª que el nombre que se da á un compuesto binario, ternario ó cuaternario, etc., indica desde luego los elementos que entran en la constitucion de estos cuerpos; 2.ª que por el mismo nombre se viene en conocimiento de las proporciones ó partes que entran de los indicados elementos. Estas dos ventajas no las presentan en modo alguno los nombres vulgares; así, por ejemplo, si nosotros designamos á un compuesto binario con el nombre de agua, claro está que no sabemos cuáles son los cuerpos que le forman, ni tampoco las proporciones que hay de cada uno de ellos; pero si en vez de agua le llamamos (siguiendo las reglas indicadas) protóxido de hidrógeno, sabremos que no solo consta de hidrógeno y de oxígeno, sino que tambien hay un equivalente del primero combinado con otro del segundo.

Acido perclórico.	$Cl\,O^7$
Acido clórico.	$Cl\,O^5$
Acido hipoclórico..	$Cl\,O^4$
Acido cloroso.	$Cl\,O^3$
Acido hipocloroso..	$Cl\,O$

El azufre *(sulfur* de los latinos) forma combinándose con el oxígeno los cuerpos siguientes:

Acido sulfúrico.	SO^3
Acido hiposulfúrico..	S^2O^5
Acido sulfuroso.	SO^2
Acido hiposulfuroso..	SO

Existen además cuerpos simples ó elementos que, al unirse con el oxígeno, dan lugar á mayor número de cuerpos ácidos que los indicados; tal es, por ejemplo, el mismo azufre que forma hasta siete ácidos; para este caso especial, así como para otros análogos, se dan reglas en química, las cuales no creemos conveniente indicar, porque son ajenas de una obra de esta clase.

Los nombres ó nomenclatura de los cuerpos binarios llamados básicos ú óxidos básicos y óxidos neutros ha cambiado mucho desde el tiempo de Lavoisier y Guiton de Morveau hasta la época actual; pero de todas las reformas y modificaciones que se han introducido aceptamos desde luego la de Regnault, porque tiene la ventaja, sobre todas las demás, de indicar con el nombre la composicion del óxido. Este célebre químico antepone á la palabra óxido, las preposiciones sub, proto, sesqui, bi, tri, etc., segun que el compuesto oxidado conste respectivamente de dos partes ó equivalentes del cuerpo electro-positivo y una de oxígeno, de uno con uno, de dos del cuerpo electro-positivo y tres de oxígeno, de uno con dos, etc. Así, por ejemplo, se conocen entre otros óxidos los siguientes:

Sub-óxido de plomo = un equivalente de oxígeno y dos de plomo = $Pb^2\,O$.

Protóxido de potasio = un equivalente de oxígeno y uno de potasio = KO.

Sesquióxido de aluminio = tres equivalentes de oxígeno y dos de aluminio = $Al^2\,O^3$.

Bióxido de manganeso = dos equivalentes de oxígeno y uno de manganeso = $Mn\,O^2$.

Berzelius y otros químicos han adoptado en los óxidos la misma nomenclatura que en los ácidos, terminando, por consecuencia, al cuerpo electro-positivo ó radical que se une al oxígeno en ico ó en oso, segun su mayor ó menor grado de oxidacion; así, por ejemplo, dicen óxido crómico y óxido cromoso: óxido férrico y óxido ferroso. Los óxidos salinos ó que resultan de la union de dos óxidos del mismo radical, en que uno de ellos hace las veces de ácido y otro de base, los terminaban respectivamente en ico y en oso; v. gr. óxido ferroso-férrico (piedra iman ó hierro magnético). El indicado Berzelius llamaba respectivamente sobreóxidos y subóxidos á aquellos óxidos que tienen un exceso de oxígeno ó les falta cierta cantidad de este elemento para llegar á ser verdaderos óxidos básicos ó bases; así, por ejemplo, al sobreóxido de manganeso (manganesa ó jabon de vidrieros) que tiene por fórmula $Mn\,O^2$, le sobra un equivalente de oxígeno para convertirse en óxido básico ó base; al subóxido de plomo, compuesto de dos equivalentes de plomo y uno de oxígeno, le falta cierta cantidad de este último para ser óxido básico.

NOMENCLATURA DE LOS CUERPOS BINARIOS NO OXIDADOS.—Estos compuestos pueden ser, del mismo modo que los formados por el oxígeno, básicos, neutros y ácidos. Los básicos y neutros se designan poniendo primero el nombre del cuerpo mas electro-negativo, cuyo nombre se termina en uro, y despues el del radical ó electro-positivo que con él se combina; v. gr. la combinacion del cloro con el cobre, se denomina cloruro de cobre; la del azufre con el hierro, sulfuro de hierro; la del yodo con el potasio, yoduro de potasio, y así sucesivamente. En estos compuestos puede ocurrir, á la manera que en los óxidos, que el cuerpo electro-positivo esté unido con el electro-negativo en varias proporciones; en este caso se anteponen tambien al electro-negativo las palabras sub, proto, sesqui, bi, etc.; así, por ejemplo, subcloruro de cobre representa la combinacion de dos equivalentes de cobre y uno de cloro; protosulfuro de hierro, la union de uno de hierro y otro de azufre; sesquicloruro de mercurio, dos equivalentes de mercurio y tres de cloro; bicloruro de oro, uno de oro y dos de cloro, etc.

Se expresan en química las fórmulas generales de los óxidos, cloruros, bromuros, sulfuros, arseniuros, carburos, etc., representando por M al radical ó cuerpo electro positivo y por R al negativo; así, se tendrá:

$M^2\,R$.—Subóxido ó subcloruro, subbromuro, etc.

$M\,R$.—Protóxido, protocloruro, protobromuro, etc.

$M^2\,R^3$.—Sesquióxido, sesquicloruro, sesquibromuro, etc.

$M\,R^2$.—Bióxido, bicloruro, bibromuro, etc.

Los cuerpos binarios no oxidados ácidos se designan cambiando la terminacion uro que se da al electro-negativo en ido, y terminando al propio tiempo el radical ó electro-positivo en ico ó en oso, segun la mayor ó menor proporcion que exista del cuerpo electro-negativo; así, por ejemplo, el arsénico al combinarse con el azufre constituye dos sulfuros ácidos que son, el rejalgar y el oropimente, llamándose al primero súlfido arsenioso, y al segundo súlfido arsénico; el hidrógeno combinado con el cloro forma un solo compuesto ácido que por lo mismo se denomina clórido hídrico; unido el mismo hidrógeno con el azufre constituye el compuesto ácido designado con el nombre de súlfido hídrico (gas de las letrinas ó gas de los huevos podridos).

Los cuerpos «ternarios» ó sean las «sales,» hemos manifestado que están constituidos por dos compuestos binarios, el uno que hace las veces de ácido ó de cuerpo electro-negativo, y el otro de óxido básico ó cuerpo electro-positivo. Pueden dividirse las sales en tres categorías que son: «sales neutras, ácidas y básicas;» se llaman sales neutras aquellas en que se encuentran equilibrados los dos principios antagonistas, ó sean el ácido y la base; ácidas, si predomina el ácido sobre la base; y básicas cuando resaltan las propiedades del óxido sobre las del ácido. El nombre genérico de todas estas sales se forma suprimiendo la palabra ácido, y el radical del mismo que termine en «ico» ó en «oso» se le cambia en «ato» ó en «ito» y se agrega inmediatamente el nombre del óxido que esté combinado con el ácido. Algunos ejemplos nos aclararán lo dicho. Los ácidos del azufre, al combinarse con la «potasa,» forman diferentes sales, cuyos nombres son los siguientes:

Acido sulfúrico y potasa = sulfato de potasa.

Acido hiposulfúrico y potasa = hiposulfato de potasa.

Acido sulfuroso y potasa = sulfito de potasa.

Acido hiposulfuroso y potasa = hiposulfito de potasa.

Los ácidos del cloro al unirse con el protóxido de plomo formarán las sales siguientes:

Acido perclórico y protóxido de plomo = perclorato de plomo.

Acido clórico y protóxido de plomo = clorato de plomo.

Acido hipoclórico y protóxido de plomo = hipoclorato de plomo.

Acido cloroso y la misma base = clorito de protóxido de plomo.

Acido hipocloroso é igual base = hipoclorito de plomo.

En las sales puede suceder, del mismo modo que en los óxidos y en los cuerpos binarios no oxidados, que el ácido y la base se encuentren unidos en varias proporciones; en este caso se expresan anteponiendo al nombre del ácido ó de la base las preposiciones «sub, proto, sesqui, bi, etc., v. gr. subsulfato de óxido» de plomo, protonitrato de potasa, «sesquisulfato de óxido de hierro, biclorato de mercurio, acetato bipotásico, acetato triplúmbico, etc., etc.»

Si dos sales ó dos cuerpos ternarios se combinan entre sí constituyen los compuestos que hemos denominado «sales dobles,» en las cuales el ácido es comun á los dos óxidos ó bases que forman la sal; en este caso se emplea tambien la regla general dada para designar las sales, esto es, se indica primero el nombre del ácido terminándole en ato ó en ito y despues se agregan las dos bases; v. gr. la esmeralda constituida por el silicato de alumina y el silicato de glucina forma el doble silicato de alumina y de glucina; el alumbre del comercio, compuesto del sulfato de potasa mas el sulfato de alumina se denomina, segun las reglas químicas, sulfato de alumina y potasa.

Los cuerpos binarios no oxidados que anteriormente hemos citado, son resultado de la union de un cuerpo metaloide con otro tambien metaloide, ó de la union de uno de estos con un metal. Pero á su vez los cuerpos metálicos pueden combinarse dos ó mas entre sí, formando compuestos especiales que se designan con el nombre de aleaciones; así se dice aleacion de oro y de cobre, de plata y hierro, etc.: algunas de ellas reciben denominaciones particulares, tales como laton, ó sea la union del cobre y zinc; hoja de lata, la del hierro y el estaño; bronce, la del cobre y estaño, etc.: otras se designan teniendo en cuenta sus usos ó aplicaciones, como aleacion monetaria, aleacion ó metal de campanas, aleacion de imprenta; y otras, por último, segun su inventor, como la aleacion de Arcet. Cuando el azogue ó mercurio entra á formar parte de una aleacion, recibe esta el nombre particular de amalgama: v. gr. amalgama de oro, amalgama de estaño, de plata, de cobre, etc. Para mayores detalles respecto de nomenclatura y de las nuevas teorías establecidas en química, pueden consultarse entre otras obras españolas, la Química de Luanco, y las nuevas teorías de la Química de Soler.

NOMENCLATURA MINERALÓGICA

Los nombres químicos que se dan á los cuerpos y que son resultado de las reglas generales establecidas en el capítulo anterior, serán los que se empleen en las diversas especies mineralógicas que se describen en esta obra. No obstante, en muchas de ellas invertiremos los nombres, ó sea el nombre genérico y el específico, pero siguiendo para ello, no las doctrinas de Haüy, ni tampoco las de Berzelius, Beudant y Delafosse, sino las adoptadas por Brongniart y Dufrenoy, esto es, que en las tierras y piedras diremos, por ejemplo, carbonato de cal, sulfato de sosa, nitrato de potasa, etc.; en las sustancias metálicas invertiremos los nombres, tomando el genérico del cuerpo electro-positivo, y el específico del negativo, v. gr. plata sulfurada, plomo clorurado, hierro carbonatado, cuyas denominaciones corresponden respectivamente á las químicas sulfuro de plata, cloruro de plomo y carbonato de óxido de hierro. Los nombres químicos, generalmente claros, sencillos y fáciles de entender, una vez comprendidas las bases de la nomenclatura, ofrecen, sin embargo, grandes dificultades é inconvenientes para designar por medio de ellos varias especies minerales, y en particular aquellas que constan de una composicion bastante complicada; en este caso se encuentran la mica, turmalina, cobres grises, feldespatos, mesotipa, ceolitas, etc., cuyos nombres químicos largos y confusos seria imposible retenerlos fácilmente. Por esta razon, de quinientas á seiscientas especies que se conocen con toda exactitud, no hay mas que unas doscientas á las que puedan aplicarse los nombres químicos, y aun los mineralogistas que han aceptado estos últimos, se han visto precisados á usar á la vez los nombres esencialmente mineralógicos.

Los nombres vulgares ó empíricos introducidos en la ciencia por Werner, y corregidos y aumentados por Haüy, Beudant, Brongniart, etc., ofrecen la ventaja de que se retienen y pronuncian mas pronto y con mas facilidad que los químicos. Pueden dividirse en dos clases que son: unívocos ó sencillos y compuestos. Como ejemplo de nombres unívocos pueden citarse los de aragonito, caliza, fosforita, fluorina, celestina, turmalina, ortosa, cuarzo, mica, serpentina, etc., y como de compuestos, los de espato calizo ó de Islandia, espato fluor, espato pesado ó espato barítico, cristal de roca, granate grosulario, granate almandino, etc., etc. Los nombres vulgares, ya sean sencillos ó compuestos, se toman en unos casos de la localidad, país ó criadero en donde se halle la sustancia mineralógica; por ejemplo, casiterita, labradorita, aragonito, epsomita, andalucita, anglesita, andesina, atacamita, etc., especies que no tan solo se encuentran respectivamente en las antiguas islas Casitericas (Galicia), isla de Labrador (Estados Unidos), Molina de Aragon (Guadalajara), Epson (Inglaterra), Andalucía (España), Isla de Anglesea, Andes y Atacama (Perú), sino que corresponden tambien á otras localidades diferentes. Otras veces los nombres vulgares están fundados en alguna propiedad particular de la especie mineralógica; así, por ejemplo, se dice azurita, á una especie de carbonato de cobre que presenta color azul; albita, á una especie de feldespato cuyas variedades ofrecen, por lo general, un color blanco; selenita, variedad de yeso, llamada así por Dioscorides, porque tiene un brillo análogo al de la luna; mica, voz tomada del verbo latino *micare*, que significa brillar; granate melanito, subespecie de granate que presenta color negro ó rojo muy oscuro; plata roja clara, llamada así por su coloracion, cuyo carácter sirve para no confundirla con la plata roja oscura; panabasa, voz tomada de otras dos griegas, que quieren decir muchas bases, etc. Por último, los nombres vulgares ó empíricos están tomados y dedicados á los mineralogistas que los han descubierto y dado á conocer, ó bien se han dedicado á personas mas ó menos célebres y amantes de la ciencia; v. gr. Wernerita, Haüyna, Voquelinita, Berzelita, Beudantita, Dolomia, Karstenita, Klaprotina, Glauberita, etc., especies que se han dedicado á Werner, Haüy, Vauquelin, Beudant, Dolomieu, Karsten, Klaprot y Glaubero. Por último, se usan tambien nombres vulgares, tales como jacinto, esmeralda, granates, piedra caliza, piedra de yeso, amatista, diamante, etc.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente respecto á la nomenclatura química, los inconvenientes que ofrece en muchos casos y la ventaja de la mineralógica para designar muchas de las especies, procuraremos en lo posible armonizar una y otra nomenclatura, es decir, que seguiremos siempre que sea factible los nombres químicos, fundando el nombre genérico unas veces en el principio electro-negativo, y otras en el positivo, segun que los minerales pertenezcan á la clase de las tierras y piedras ó de los metales. A los nombres químicos agregaremos, ó mejor dicho, antepondremos, siempre que existan, los vulgares, sean estos sencillos ó compuestos; así, por ejemplo, al describir la fosforita, pondremos primero este nombre vulgar y despues el dado por los químicos, ó sea el fosfato de cal: lo mismo se hará en todas las demás especies que se estudien en esta obra.

FÓRMULAS QUÍMICAS

Los elementos ó cuerpos simples se representan en química por las iniciales de los nombres que llevan; si dos ó mas de ellos comienzan por la misma letra, se formula únicamente con la inicial el mas conocido é importante, representando los otros por esta misma inicial seguida de la segunda ó tercera letra; v. gr. el carbono, cloro, calcio, cobre, cromo, cobalto, cerio, cadmio y cesio, cuya inicial es igual se formulan respectivamente del modo siguiente: C; Cl; Ca; Cu; Cr; Co; Ce; Cd; Cs; el azufre, selenio, silicio y sodio se formulan respectivamente S; Se; Si y Na; correspondiendo el signo del último á la palabra griega Natron.

Si los cuerpos son binarios se formulan reuniendo los signos de los elementos que los constituyen, poniendo primero el del cuerpo electro-positivo y á continuacion el del negativo; así, el ácido sulfúrico se formulará, SO^3; el cloruro de plata, Ag Cl; el sulfuro de cobre, Cu S. etc.; un número ó una cifra cualquiera puesta delante de una ó de varias letras viene á representar una coeficiente algebráico ó lo que es lo mismo, que multiplica á todas las letras y signos que se hallan despues de él hasta el signo mas, ó bien á toda la fórmula , si esta no contiene mas que un término; por el contrario, si el número ó la cifra está colocada á la derecha y un poco mas abajo de la letra ó símbolo que representa al cuerpo, manifiesta el número de proporciones ó equivalentes que entran de este mismo cuerpo; así, por ejemplo, la fórmula NO^5, indica que hay un equivalente de nitrógeno y cinco de oxígeno; la fórmula PbO^2 indica á su vez que hay una proporcion ó equivalente de plomo y dos de oxígeno; pero las fórmulas $3\ NO^5\ 2\ KO$, nos indicarán que hay tres equivalentes de ácido nítrico y dos de óxido de potasio, habiendo en el ácido 3 equivalentes de nitrógeno y 15 de oxígeno, puesto que el coeficiente 3, como se ha dicho, está multiplicando á todas las letras y signos que le siguen; así como en el óxido habrá dos equivalentes de potasio y dos de oxígeno.

Como los compuestos en que entra oxígeno son muy numerosos, han creido conveniente los químicos suprimir su fórmula ó símbolo, sustituyéndole, sin embargo, por un punto puesto encima del elemento ó cuerpo electro-positivo con quien se combina: así la fórmula del ácido clórico que se representa por ClO^5, se reemplazará por Cl y cinco puntos colocados sobre estas dos letras; la del ácido sulfúrico que es SO^3, será sustituida por S y tres puntos encima de esta letra; la del bióxido de manganeso que es MnO^2, por Mn y dos puntos puestos sobre esta fórmula, y así sucesivamente.

El azufre, que forma tambien parte de unas ochenta y tantas especies, se reemplaza tambien en las fórmulas químicas por medio de una coma colocada encima del símbolo que representa el cuerpo electro-positivo con quien se une: así el sulfuro de cobre que se formula CuS, se reemplazará por Cu y una coma puesta en la parte superior de este símbolo; el bisulfuro de hierro ó sea FeS^2, se sustituye por Fe y dos comas puestas encima de esta fórmula; el sulfuro de cobre y de hierro, cuya fórmula es CuS + FeS, se representa por Cu con una coma encima, mas Fe y otra coma puesta en la parte superior de este símbolo.

Si el elemento ó cuerpo electro-positivo entra por átomo doble en sus combinaciones, se acostumbra á dividir su símbolo por medio de una línea ó raya trasversal; v. gr. el sesquióxido de cromo, que tiene por fórmula Cr^2O^3, se indicará por Cr y una raya trasversal que divida este símbolo en dos partes iguales; la alumina que se representa por Al^2O^3, será Al con la raya que divida estas dos letras del mismo modo que en el caso anterior, y así sucesivamente con los compuestos que presentan las mismas condiciones que los dos que se han citado.

Los cuerpos ternarios formados por el oxígeno se representan colocando primero el cuerpo electro-positivo ó sea la base, y despues el negativo ó el ácido, separados por medio de una coma: por ejemplo, el nitrato potásico, compuesto de óxido de potasio y ácido nítrico, se formulará KO,NO^5; el carbonato de cal, cuerpo ternario formado de óxido de calcio y de ácido carbónico, se representará por medio de la fórmula CaO,CO^5; el clorato de sosa, compuesto de óxido de sodio y ácido clórico, se formulará NaO,ClO^5, etc. (1).

Para formular los cuerpos ternarios que no estén compuestos de oxígeno, se sigue la misma regla anterior; v. gr. el doble sulfuro de hierro y arsénico, se representa por FeS,AsS; el doble sulfuro de plata y antimonio se formula AgS,Sb^2S^3; el sulfuro de cobre y de hierro por CuS,FeS, etcétera.

FÓRMULAS MINERALÓGICAS

Algunos químicos y mineralogistas han creado otras fórmulas para simbolizar los cuerpos compuestos, cuyas fórmulas, denominadas mineralógicas, si bien mas abreviadas y sencillas que las químicas, tienen entre otros inconvenientes, el que no determinan en la mayor parte de los casos, el número de átomos ó de equivalentes que entran en la constitucion de los cuerpos. Así, por ejemplo, el óxido de potasio, cuya fórmula química se simboliza por KO, se representa mineralógicamente por K; el ácido carbónico que se indica por CO^2 se formula en mineralogía por C^2, así como el carbonato de cal, que segun las reglas químicas seria CaO, CO^2, en mineralogía se formula Ca,C^2. En todas estas fórmulas se observa que los equivalentes del oxígeno están sustituidos por números.

Para convertir las fórmulas químicas en mineralógicas no hay mas que multiplicar el número de puntos que existan sobre la letra ó letras, si el cuerpo es oxigenado, por los coeficientes y exponentes que existan en la primera de estas fórmulas.

Si en la descripcion de las especies mineralógicas se usaran indiferentemente unas y otras fórmulas, resultarian, como es natural, grandes confusiones é inconvenientes, difíciles de superar en la generalidad de los casos. Por esta razon, nosotros no emplearemos sino las fórmulas químicas, las cuales, como se ha dicho, tienen la ventaja de que indican, no solo el número de elementos que entran en la composicion de los cuerpos, sino las proporciones ó equivalentes de cada uno de estos.

MEDIOS Ó PROCEDIMIENTOS Y APARATOS QUE SE USAN EN LOS ENSAYOS MINERALÓGICOS Ó SEA EN LA ANALISIS CUALITATIVA DE LOS CUERPOS.

Los procedimientos ó caminos que se usan en Mineralogía para llegar á determinar los elementos constitutivos de los cuerpos pueden resumirse en los cinco siguientes: 1.° accion del agua, 2.° de los ácidos, 3.° de los álcalis, 4.° de otros líquidos que no sean ni ácidos ni álcalis, 5.° del calor; los cuatro primeros medios constituyen la denominada vía húmeda; y el quinto la vía seca.

ACCION DEL AGUA.—Por medio de este procedimien-

(1) En muchas obras de Química y de Mineralogía, los exponentes de los cuerpos se colocan á la derecha y en la parte superior de la letra que afectan, v. gr., NaO,ClO^5; KO,NO^5; CaO,CO^2, etc.

to, relacionado como desde luego se concibe con el carácter del sabor, sabemos si los minerales son solubles ó insolubles, suministrando, por lo general, los primeros sabores ó colores diversos que sirven para reconocerlos fácilmente; así, por ejemplo, la sal comun proporciona una disolucion incolora y de un sabor salado agradable y especial, que no se confunde con ningun otro; la sal amoníaco ó cloruro amónico, da una disolucion incolora y sabor picante; el nitro ó nitrato potásico, suministra una disolucion tambien incolora y de sabor fresco, agradable al principio, que concluye por ser amargo y algo picante; la epsomita ó sal de Calatayud, ó sea el sulfato de magnesia, al disolverse en el agua, produce una disolucion incolora y de un sabor amargo intenso; el alumbre ó sulfato de alumina y potasa da un sabor astringente parecido al de la tinta; la exantalosa ó sulfato de sosa hidratado, ofrece un sabor salado y amargo; el natron ó carbonato de sosa presenta un sabor urinoso ó alcalino bastante pronunciado; la caparrosa azul ó sulfato de cobre, produce al disolverse en el agua una coloracion azul y un sabor metálico intenso, así como la llamada caparrosa verde ó sulfato de hierro suministra una disolucion mas ó menos verdosa y sabor tambien estíptico ó metálico, aunque no tan fuerte como el de la caparrosa azul. Si se exceptúan las especies citadas y algunas otras menos importantes, todas las demás pueden considerarse como insolubles en el agua á la temperatura y presion ordinarias.

DELICUESCENCIA.—Fenómeno debido á la accion que ejerce el agua sobre ciertas sustancias minerales: consiste, pues, en la propiedad que ofrecen ciertos cuerpos de absorber cierta cantidad de humedad ó de agua de la que existe en la atmósfera, disolviéndose en ella. La sal comun ó cloruro de sodio es un mineral bastante delicuescente, notándose que las aristas y los ángulos sólidos de sus cristales se redondean, cuando se exponen á la accion del aire húmedo; son mucho mas notables bajo este punto de vista el cloruro de calcio y de magnesio, los cuales son tan delicuescentes que no se pueden conservar intactos ni aun en los sitios mas secos. En algunos minerales esta accion es sumamente débil, estando reducida á absorber el agua y á pasar á un estado de hidratacion mas ó menos considerable, pero sin que en modo alguno pierdan su forma ni cambien de estado.

EFLORESCENCIA.—Carácter inverso de la delicuescencia, puesto que consiste en la propiedad que tienen algunas sustancias mineralógicas de reducirse ó convertirse en parte ó en todo á polvo, despues de haber perdido el agua de cristalizacion ó de combinacion que contienen. El natron ó carbonato de sosa, la sal de Calatayud ó sulfato de magnesia, la glauberita ó sulfato de sosa, son ejemplos notables de minerales eflorescentes. Hay, sin embargo, algunos cuerpos, que si bien se convierten en polvo, no pierden por esto toda su agua de cristalizacion; y aun existen tambien otros, tales como la laumonita (silicato de alumina y cal), que se eflorece con facilidad en contacto del aire y se reduce á polvo sin perder nada de su agua de cristalizacion. Este fenómeno es debido, segun Durocher y Malagutti, á que la laumonita al poco tiempo de haber sido extraida de la tierra, pierde parte del agua higroscópica que contiene, particularidad que no se produce en contacto de un aire húmedo; en otros minerales, que se reducen á polvo sin perder el agua de cristalizacion, puede depender el efecto de que han cristalizado en formas que en realidad no sean las inherentes á la especie.

ACCION DE LOS ÁCIDOS.—Los ácidos enérgicos, v. gr., ácido sulfúrico, nítrico é hidroclórico, atacan y disuelven muchas sustancias sobre las que el agua no ofrece accion ninguna, proporcionando al propio tiempo caractéres y particularidades á propósito para diferenciar varias especies. Los ácidos que comunmente se emplean son el nítrico é hidroclórico, porque además de ser muy enérgicos, aunque no tanto como el sulfúrico, tienen la ventaja sobre este de que dan lugar á cuerpos solubles, en los cuales es fácil estudiar las reacciones que se verifiquen al ponerlos en contacto de otros reactivos.

Mediante la accion de los ácidos averiguamos una de estas tres circunstancias: 1.ª si un cuerpo es ó no soluble en ellos; 2.ª si la disolucion se efectúa con ó sin efervescencia; 3.ª si la disolucion del cuerpo es completa, ó deja por el contrario un residuo mas ó menos abundante. En los minerales que se disuelven con efervescencia, es preciso analizar la naturaleza, color é intensidad de aquella; así, por ejemplo, los metales en el estado nativo, las combinaciones metálicas que carecen de oxígeno ó las oxidadas que ofrecen el menor grado de oxidacion, producen, cuando se les somete á la accion del ácido nítrico, una efervescencia bastante rápida y desprendimiento de vapores rojos ó rutilantes; estos vapores se forman por la descomposicion que experimenta parte del ácido nítrico, que descompuesto cede oxígeno al metal para constituir de este modo un óxido básico ó base, que forma un nitrato combinándose con la parte de ácido nítrico no descompuesto.

Es necesario además examinar si la efervescencia que se produce carece de color y de olor, porque estas particularidades caracterizan muy bien á todos los carbonatos ó sean todas aquellas sustancias formadas de ácido carbónico y de una ó mas bases: así, por ejemplo, la creta, mármoles, espato de Islandia, caliza sacaroidea, etc., producen, tratados por el ácido nítrico, á temperatura ordinaria, una efervescencia rápida y desprendimiento de ácido carbónico, cuyo gas no tiene ni olor ni color: la dolomia ó carbonato de cal y magnesia, produce, por el contrario, á la temperatnra ordinaria una efervescencia lenta y desprendimiento poco abundante de ácido carbónico; atendiendo á este carácter se ha llamado tambien á la dolomia, caliza lenta. En varios carbonatos no se observa la efervescencia si no se les sujeta á temperaturas mas ó menos elevadas: en este caso se encuentra el carbonato de hierro, de cobre, de manganeso y algunos otros. Hay además minerales que se disuelven por completo en los ácidos sin producir efervescencia, y con ó sin depósito gelatinoso; en el primer caso, se hallan los minerales denominados *ceolitas* (trisilicato de alumina y de cal) y otros varios silicatos que á poco tiempo de disolverse en los ácidos producen una nube blanquecina y despues un depósito gelatinoso: en el segundo, se encuentran la fosforita ó fosfato de cal, la piromorfita ó fosfato de plomo y otros varios. Por último, hay varios minerales que no se disuelven por completo y que dejan un residuo mas ó menos abundante; tal es lo que se observa en las llamadas *calizas hidráulicas*.

En aquellos minerales en que el ácido nítrico ó hidroclórico no ejercen ninguna accion, ó esta es muy débil, se emplea el ácido sulfúrico, cuyo ácido sirve para reconocer los cloruros, fluoruros y nitratos: los cloruros se caracterizan, porque tratados por el ácido sulfúrico, desprenden ácido hidroclórico que se determina por su olor especial; los fluoruros por el desprendimiento del ácido hidrofluórico, cuyo gas tiene la propiedad de corroer el vidrio; y los nitratos porque producen vapores rojos ó rutilantes, si se mezclan con limaduras de cobre y se les somete á la accion del ácido sulfúrico.

ACCION DE LOS ÁLCALIS.—Aunque no tan general é importante como la de los ácidos, la accion de los álcalis puede ser útil en varios casos para llegar á reconocer algunos minerales; así, por ejemplo, las sales solubles de cobre trata-

das por el amoníaco, toman un color azul celeste característico: el mismo amoníaco disuelve el cloruro argéntico, carácter muy esencial y á propósito para diferenciar este cuerpo del cloruro de mercurio; la cal ú óxido de calcio se emplea para averiguar la presencia del amoníaco, sobre todo en el mineral denominado cloruro amónico ó sal amoníaco; la potasa, que disuelve la sílice, es uno de los reactivos mas importantes de las sales solubles de platino, puesto que da lugar á un precipitado amarillo de canario característico.

ACCION DE OTROS LÍQUIDOS.—Se emplean además de los ácidos y álcalis otros líquidos que sirven para acusar la presencia de varios cuerpos; así, por ejemplo, el nitrato de plata, indica el ácido hidroclórico ó los cloruros solubles por el precipitado blanco coaguloso que produce con todos estos cuerpos; los metales dan un precipitado negro ó de otro color cuando se les trata por el sulfhidrato amónico; las sales férricas producen un precipitado azul de Prusia por medio del cianuro ferroso potásico, mientras que las ferrosas dan este mismo precipitado por el cianuro férrico potásico: el alcohol sirve para reconocer ciertos minerales; así, por ejemplo, el ácido bórico ó boratos solubles comunican á la llama de este líquido un color verde característico; las sales solubles de estronciana se distinguen por el color rojo púrpura que dan á la llama del alcohol, así como las de barita arden con una llama amarillenta rojiza.

ACCION DEL CALOR Ó VIA SECA.—La accion que la temperatura ejerce en las diferentes especies mineralógicas y los distintos fenómenos que este efecto puede producir, segun sea la diversa naturaleza de la sustancia, son unos de los grandes medios y recursos de que se vale el mineralogista para conseguir la determinacion de casi todas las especies.

Por medio del calor se consigue una de estas dos circunstancias: 1.ª calcinar los cuerpos para de este modo descubrir las sustancias volátiles que encierren; 2.ª fundirlos para determinar y averiguar los fenómenos de la misma fusion. Si el mineral que se analiza ó se ensaya contiene materias volátiles, se le debe pesar antes del ensayo, y despues calentarle en un tubo de cristal abierto por una de sus extremidades y cerrado por la otra. Si conviniese que el cuerpo no esté en contacto del aire, se cierra el extremo superior, pero se le dejará abierto si se quisiera observar los efectos y modificaciones que puede experimentar el cuerpo en contacto del oxígeno del aire. Al ensayar las sustancias mineralógicas por medio de la calcinacion, es preciso tener presente algunas circunstancias y precauciones, tales como la de calentar el tubo de una manera gradual y sucesiva, porque este se romperia fácilmente si desde luego se le somete á una temperatura elevada. El grado de calor necesario para la volatilizacion de ciertas sustancias, está en relacion con la naturaleza del mineral objeto del ensayo; así, por ejemplo, el azufre se volatiliza mas pronto cuando se halla aislado que cuando está en forma de sulfuro ó sea en combinacion con algun metal. Varias son las sustancias volátiles que se encuentran formando parte de muchos minerales, siendo, sin embargo, las mas frecuentes las siguientes: oxígeno, azufre, arsénico, selenio, cloro, mercurio y agua, la cual puede estar mezclada ó en combinacion.

FUSION.—Este procedimiento es el que generalmente se emplea para averiguar los efectos que la temperatura produce en las diversas sustancias mineralógicas. Hay varios cuerpos que tienen la particularidad de fundirse por completo sin mas que exponerlos á la llama de una bujia de cera, de esperma ó á la de la lámpara de alcohol; en este caso se encuentran la estibina ó sesquisulfuro de antimonio; la plata córnea ó cloruro argéntico y algunas otras especies menos importantes y comunes. Pero para fundir la generalidad de los minerales, es preciso valerse de temperaturas distintas que las que se obtienen por medio de la combustion de la cera, aceite, esperma, etc., en circunstancias ordinarias: estas temperaturas mas elevadas se consiguen por el aparato ó instrumento designado con el nombre de *soplete*.

Se cree que Swad, consejero de minas de Suecia, fué el primero que en 1738 usó este instrumento en los ensayos mineralógicos; despues otros eminentes mineralogistas, tales como Cronstedt, Bergman, Berzelius, Plattner, etc., han llegado á obtener grandes resultados, y han hecho del soplete un instrumento de verdadero análisis cualitativo.

En un principio solo usaban el soplete los plateros ó los que trabajaban en metales, los cuales se valian y aun se valen de este aparato para soldar ó unir ciertos cuerpos: el soplete antiguo estaba reducido á un tubo largo de forma cónica, hueco y encorvado en su extremo inferior en donde terminaba por un pequeño orificio; el superior ofrecia una abertura mayor destinada á la insuflacion y el inferior se aplicaba á la llama de una bujía ó de una lámpara de alcohol ó de aceite. Este soplete ha sufrido algunas modificaciones mas ó menos importantes, las cuales no indicamos por no ser pertinentes en este momento, limitándonos, por lo tanto, á describir el aparato que hoy se emplea en los ensayos mineralógicos; consiste este en dos tubos metálicos de diversa longitud y unidos entre sí formando ángulo recto (fig. 12); en la union de los dos tubos hay un depósito ó una cavidad O, que sirve para recoger la humedad que se produce por la insuflacion prolongada, cuya agua, si saliera al exterior, dificultaria el resultado de la fusion; el tubo de mayor longitud se halla terminado por una boquilla de marfil ó de otra sustancia, A, cavidad destinada á la insuflacion, ó mejor dicho, á aplicar los labios en el acto de la espiracion; al tubo mas pequeño se adapta ó se une una punta ó pieza B, de platino, cuyo metal reune entre otras ventajas, las de que no se funde á las temperaturas producidas por el soplete ordinario, ni la de oxidarse en contacto del oxígeno del aire. Para ensayar las diferentes sustancias, es conveniente tener dos ó mas puntas de platino de diferente diámetro, porque de esta manera se conseguirán distintas temperaturas, siendo estas tanto mas intensas, cuanto el diámetro de la punta sea menor.



Fig. 12.—Soplete

COMBUSTIBLE Ó LLAMA QUE SE USA EN LOS ENSAYOS DEL SOPLETE.—Se emplea generalmente la producida por el gas del alumbrado, sebo, cera, esperma, alcohol y aceite, siendo la que resulta de la combustion de este último cuerpo la de mayor poder calorifico; en muchos casos, no obstante, se prefiere la temperatura producida por el alcohol ó espíritu de vino, porque tiene la ventaja (sobre todas las demás), de arder con una llama mas clara, mas limpia y la de no depositar humos ó sustancias carbonosas sobre la superficie del cuerpo que se ensaya.

Para comprender los efectos que produce la accion del soplete sobre los minerales, conviene examinar las propiedades caloríficas que ofrecen las distintas partes de la llama de una bujia, de la lámpara de alcohol, de aceite, etc. En la llama pueden estudiarse cuatro partes diversas que son: 1.ª la parte inferior ó base que es azulada, color debido al óxido de carbono que resulta de la combustion; 2.ª la parte media

de la misma llama, ó sea el espacio cónico y algun tanto oscuro que se encuentra en el centro; esta parte está formada por los vapores que salen de la mecha, ó mejor dicho, del cuerpo combustible, y cuyos vapores no se han puesto en contacto del oxígeno del aire; 3.ª la parte mas brillante de la llama y que rodea el espacio de la media; 4.ª la capa luminosa que rodea á la anterior, la cual ofrece su mayor espesor en el vértice de la llama, punto en el cual existe mayor poder calorífico á causa de la completa combustion de las sustancias gaseosas.

Fuego de oxidacion y de reduccion.—Si se dirige la corriente de aire producida por el soplete á la parte inferior de la llama de una bujía de esperma, cera, sebo, ó bien de la lámpara de alcohol ó de aceite, se obtiene el fuego denominado de *reduccion;* si por el contrario, la corriente de aire se lleva hácia la parte mas alta de la llama, pero fuera del sitio ocupado por la mecha, se consigue el fuego que se designa con el nombre de *oxidacion*. Por último, si no se quiere oxidar ni reducir el mineral al estado metálico, y sí únicamente obtener una temperatura mas ó menos intensa, se conduce la corriente de aire hácia la parte media de la llama, pero siempre en el exterior; este resultado se puede conseguir tambien en muchos casos, sin mas que aproximar la sustancia mineralógica al dardo luminoso del cuerpo combustible.

Sustentáculos ó apoyos (propiamente soportes de algunos), que se usan en los ensayos mineralógicos.—Estos apoyos han de ser siempre de tal naturaleza, que no se han de combinar, ni mucho menos han de modificar ó alterar el mineral objeto del análisis pirognóstico. Uno de los sustentáculos mas usados es un trozo cilíndrico de carbon de pino bien compacto ó que no presente hendiduras, y en el que en uno de sus extremos se practica una cavidad, destinada á colocar el mineral que se desea ensayar. Se emplean además las pinzas llamadas de *platino*, que no consisten en otra cosa mas que en unas pinzas ordinarias y terminadas en su punta por el metal indicado; este apoyo presenta varios inconvenientes, siendo entre otros uno de los mas principales, el de que no sirve en modo alguno para los cuerpos reducidos á polvo, ó para aquellos otros que tienen la particularidad de decrepitar, esto es, de saltar en partículas ó fragmentos pequeños cuando se les somete á la accion de una temperatura elevada. Hoy dia se han reemplazado dichos sustentáculos y otros varios por uno sumamente sencillo y puesto en práctica por Gahn; consiste este apoyo en un hilo ó alambre de platino de dos á tres y media pulgadas próximamente de longitud; el citado hilo se encorva en una de sus extremidades á fin de constituir una especie de cavidad ó de ojo, destinado á colocar el mineral que se quiere analizar. Cuando se trata de operar mediante este apoyo, se humedece antes ligeramente su cavidad ú ojo, y se le introduce en uno de los fundentes ó reactivos (que luego despues indicaremos); esta operacion prévia tiene por objeto el que se fije ó adhiera á la cavidad una corta porcion de reactivo, que, fundido por medio de la lámpara, se trasforma en una perla ó glóbulo trasparente é incoloro que queda fijo en la curvatura practicada en el alambre; despues se humedece tambien el mineral (objeto del ensayo), préviamente reducido á polvo, á fin de que se adhiera al fundente, y se le sujeta á la accion del fuego. Este procedimiento presenta entre otras ventajas, las siguientes: 1.ª que por medio de él se puede examinar perfectamente el aspecto que ofrece la superficie del cuerpo; 2.ª que no se producen irisaciones metálicas como sucede cuando se emplea el trozo de carbon; 3.ª que por este medio se consigue la reduccion de los óxidos metálicos.

Finalmente, se han agregado y se usan en ciertos casos las llamadas cápsulas de porcelana, las cuales se emplean con el objeto de extender todo lo posible el borato de sosa, consiguiendo al propio tiempo que los colores de los minerales, sobre todo los de los óxidos metálicos, aparezcan mas vivos y característicos.

Fundentes ó reactivos.—Existen muchas especies minerales que se funden inmediatamente sin mas que someterlas á la accion del soplete, pero son muchas las que por sí solas no se funden, siendo necesario, para conseguir este resultado, mezclarlas con otros cuerpos que se designan con el nombre de *fundentes* ó *reactivos*. Los mas esenciales y los que, por lo comun, se usan en los ensayos mineralógicos son los siguientes: el borax ó borato de sosa, la sal de fósforo ó fosfato sódico amónico, el carbonato de sosa y el nitro ó nitrato potásico. El borax tiene la propiedad de fundirse al fuego moderado del soplete, produciendo un vidrio incoloro que presenta la particularidad de ofrecer diversas coloraciones en contacto de ciertas sustancias metálicas; estos diferentes colores son de un gran recurso para que el mineralogista pueda distinguir desde luego varios metales; así, por ejemplo, mezclados los minerales de hierro con el borax y expuestos á la llama de reduccion, producen un vidrio de color verde botella, y pardo amarillento á la de oxidacion; los de cobalto dan un color azul intenso al fuego de oxidacion, así como los de manganeso comunican al vidrio del borax un color violado característico si se emplea el fuego de oxidacion, siendo incoloro al de reduccion; los de cobre por medio del fuego de reduccion tiñen al borax de un color gris rojizo, siendo éste verde al de oxidacion. En resúmen, el borax sirve para facilitar la fusion de muchos cuerpos; disuelve los ácidos y los óxidos básicos y da orígen, por lo general, á sales solubles y trasparentes; finalmente, produce un vidrio completamente incoloro y trasparente que, calentado á la llama superior del soplete, se convierte en opaco, y se colora de diverso modo, segun la sustancia con que se mezcle.

El fosfato sódico amónico por medio de la temperatura desprende amoníaco, y se trasforma en fosfato de sosa ácido; en este caso, se apodera de ciertas bases metálicas dejando en libertad el cuerpo ácido que se halla combinado con ellas; este reactivo se usa con frecuencia en los silicatos con los cuales produce un vidrio trasparente al principio, pero que despues se enturbia por un depósito gelatinoso, que no es otra cosa sino la sílice libre; se usa el fosfato sódico amónico para aislar las bases metálicas, en las cuales pone de manifiesto el color particular de cada una de ellas.

El carbonato sódico se emplea tambien como reductor de los óxidos metálicos; pero mediante él solo se funden la sílice y algunos otros cuerpos.

El nitrato potásico se emplea en ciertos casos en sustitucion del carbonato de sosa; sirve exclusivamente como cuerpo oxidante.

Se usan además de estos fundentes otros reactivos que facilitan en casos particulares reacciones mas claras y características que las que proporcionan los fundentes indicados; así, por ejemplo, el nitrato cobáltico se emplea para averiguar si una sustancia mineralógica contiene magnesia ó alumina; humedecida una pequeña cantidad de la primera con una gota de nitrato cobáltico y expuesta á la accion del soplete, comunica á la llama de este un color de rosa claro, mientras que la segunda la colora de un azul claro característico. Se emplean tambien en algunas ocasiones las limaduras de cobre, óxido cúprico, espato fluor pulverizado y algunos otros.

EFECTOS Y FENÓMENOS MAS IMPORTANTES QUE SE NOTAN EN LOS MINERALES POR LA ACCION DE LA TEMPERATURA, Ó SEA POR LOS LLAMADOS MEDIOS PIROGNÓSTICOS.

Pueden reducirse á los siguientes: 1.° reduccion; 2.° oxidacion; 3.° combustion; 4.° volatilizacion; 5.° fusion; 6.° aumento de volúmen; 7.° pérdida de color y trasparencia.

REDUCCION.—Tiene por objeto, como se ha dicho, reducir los minerales al estado metálico: para obtener este resultado, debe dirigirse la punta del soplete á la parte mas baja é inferior de la llama, haciendo que el dardo de esta cubra por completo la superficie del cuerpo que se ensaya, porque de no verificarlo así, se efectuaria una oxidacion. Este procedimiento se usa generalmente en los óxidos, sulfuros, cloruros, seleniuros y bromuros metálicos, cuyos minerales pierden respectivamente, por la accion del calor, el oxígeno, azufre, cloro, selenio y bromo; la reduccion de los cuerpos citados se consigue muchas veces sin mas que la temperatura elevada que se obtiene por el soplete; pero en otras, es preciso auxiliar la accion de este con la de ciertos fundentes ó reactivos.

OXIDACION.—Consiste este fenómeno en que al mismo tiempo que se opera la fusion del cuerpo, se une este al oxígeno del aire para producir un óxido metálico. Para obtener este efecto, basta tambien, como se ha manifestado, dirigir la corriente de aire del soplete, á la parte mas alta de la llama, pero teniendo la precaucion de que el dardo de esta no cubra totalmente al cuerpo que se analiza. Para los efectos de la oxidacion debe emplearse la punta de platino que tenga mayor diámetro, así como para los de reduccion se echa mano de las de diámetro mas pequeño. La oxidacion puede verificarse en muchos casos sin mas que exponer el mineral á la accion del oxígeno del aire, pero en otros, es preciso mezclar los cuerpos con fundentes que cedan con facilidad cierta cantidad de oxígeno.

COMBUSTION.—Existen varias especies minerales que sometidas á la accion del calor se queman por completo, mientras que hay otras en las cuales su combustion es parcial; el ámbar amarillo ó succino puede servir de ejemplo de las primeras sustancias, porque arde sin dejar residuo, mientras que el carbon de piedra ó ulla y algunos mas dejan un residuo mas ó menos considerable. Conviene tanto en uno, como en otro caso, examinar el color de la llama y los vapores que se producen por la combustion, porque estas particularidades sirven muchas veces para diferenciar especies mas ó menos frecuentes.

VOLATILIZACION.—Se denomina volatilizacion, ó mejor dicho volatilizarse un mineral, cuando se sublima ó se convierte en vapores por la accion del calor. La volatilizacion puede ser, del mismo modo que la combustion, total ó parcial, invisible ó en forma de humo ó de vapores, cuyo color y olor serán diferentes segun las diferentes sustancias que se analizan; así, por ejemplo, siempre que calentado un mineral cualquiera produzca una llama azulada y un olor de pajuela, puede asegurarse desde luego que en el mineral en cuestion entra como elemento esencial el azufre; si, por el contrario, arde con desprendimiento de vapores blancos y de olor aliáceo ó de ajos, será un compuesto de arsénico; si los humos que se originan son tambien blancos, pero inodoros, entrará el antimonio como elemento constituyente.

FUSION.—Particularidad que presentan muchas sustancias mineralógicas, cuando se las expone á la accion del calor, de pasar del estado sólido al líquido, tomando despues por enfriamiento el primero de estos estados. En este efecto, así como en los anteriores, es preciso observar diferentes circunstancias á cual mas importantes, siendo entre otras las mas principales de conocer las siguientes: 1.ª resultado de la fusion; 2.ª aspecto que presenta la superficie del mineral despues de fundido; y 3.ª color que adquiere el cuerpo mediante la fusion. Teniendo presentes estas condiciones se indica: que el resultado total de la fusion puede ser de tres maneras: 1.ª vidrio; 2.ª esmalte; y 3.ª escoria; se designa con el nombre de vidrio, siempre que el mineral, por medio de la accion del fuego, se trasforma en un glóbulo trasparente y análogo al cristal; se llama esmalte, cuando se obtiene tambien un glóbulo ó masa de aspecto vítreo, pero completamente opaca; finalmente, se denomina escoria, cuando el producto de la fusion presenta una superficie áspera, porosa y de un aspecto mas ó menos parecido al que ofrece la piedra pómez y otras varias sustancias volcánicas.

AUMENTO DE VOLÚMEN.—Se ve este efecto, por lo comun, en los compuestos hidratados ó que llevan mas ó menos cantidad de agua; estos minerales no solo tienen la particularidad de aumentar de volúmen, sino que además suelen ocasionar una efervescencia mas ó menos rápida. Hay tambien sustancias anhidras que ofrecen esta propiedad; tal es lo que se observa, por ejemplo, en la obsidiana ó vidrio de volcanes, mineral que por la accion del soplete se funde al principio en una escoria ó vidrio ampolloso aumentando considerablemente de volúmen, y despues en un esmalte verdoso ó mas ó menos blanco.

PÉRDIDA DE COLOR Y DE TRASPARENCIA.—Hay varias especies minerales que expuestas á la accion del calor pierden por completo su color, si le tienen; otras no tan solo se decoloran, sino que además se trasforman de trasparentes en opacas; como ejemplo de las primeras pueden citarse los óxidos de hierro y algunas piedras preciosas; en el segundo caso se halla el espato de Islandia, variedad de caliza que siendo esencialmente diáfana, se convierte en opaca por la accion del calor; la esmeralda no solo pierde su trasparencia, sino el color mas ó menos verde ó amarillento verdoso que presenta en la mayor parte de los ejemplares.

APARATOS Y ÚTILES NECESARIOS TANTO PARA LA VIA HÚMEDA Ó ACCION DE LOS LÍQUIDOS, COMO PARA LA VIA SECA Ó ACCION DEL CALOR.

Además del soplete, sustentáculos ó apoyos, bujía de cera ó de esperma, lámpara de aceite ó de alcohol, son necesarios, entre otros útiles ó aparatos, los siguientes: un yunque y martillo de acero; un pequeño mortero de ágata, una aguja magnética, un electroscopo de Haüy; una buena lente y un microscopio, pinzas de acero para coger y poder manejar con facilidad los fragmentos de los cuerpos que se han de ensayar; varios tubos de vidrio refractario de doce á quince centímetros de largo y uno de ancho, siendo unos abiertos por ambos lados y con dos ramas verticales y una horizontal, y otros abiertos por uno de sus extremos y cerrados por el otro; cápsulas de vidrio y de porcelana; vidrios de reloj; copas de vidrio ó de cristal; pequeñas láminas de cobre, de zinc y de hierro; cucharilla de platino; espátula de hierro y otros utensilios menos importantes.

REACTIVOS MAS GENERALMENTE EMPLEADOS EN LA VIA HÚMEDA

Acido nítrico.
— hidroclórico.
— sulfúrico.

Acido cloro-nítrico ó agua régia.
— oxálico.
Potasa cáustica.
Amoníaco.
Agua de cal.
— de barita.
Sulfato ferroso.
Sulfhidrato amónico.
Cianuro ferroso potásico.
Cianuro férrico-potásico.
Sulfo-cianuro potásico.
Silicato potásico.
Oxalato amónico.
— potásico.
Nitrato bárico.
— argéntico.
— cobáltico.
Cloruro cálcico.
— amónico.
— bárico.
— platínico.
Cromato potásico.
Acetato plúmbico.
Carbonato potásico.
— amónico.
Agua destilada.
Alcohol.
Tintura de agallas.
Disolucion de sal comun.
Papel de tornasol.
— de curcuma.

REACTIVOS PARA LA VIA SECA

Borato de sosa fundido.
Carbonato de sosa.
Fosfato sódico amónico.
Cianuro potásico.
Nitrato de potasa.
Oxido de cobre.
Bisilicato de potasa.
Limaduras de cobre.
— de zinc.
Fluorina pulverizada.

ANÁLISIS CUALITATIVA Ó ENSAYO DE LOS MINERALES

Explicados con el detenimiento posible los diferentes medios y procedimientos que se emplean tanto en la accion de los líquidos ó *vía húmeda*, como en la accion del calor ó *vía seca*, quedan por indicar, aunque no sea mas que ligeramente, los diversos caminos y medios que se siguen en mineralogía para averiguar los principios ó cuerpos electro-negativos y positivos mas importantes y comunes, que entran en la constitucion de las sustancias mineralógicas conocidas.

Los ensayos necesarios para reconocer los principios indicados, ya se hallen estos en libertad, ya estén combinados formando cuerpos binarios, ternarios ó cuaternarios, pueden reducirse á los siguientes:

1.° A calentar el cuerpo aislado en un tubo cerrado por los dos extremos ó abierto por el superior, y estudiar las sustancias ó materias volátiles que resulten de su combustion.

2.° A calentar en el mismo tubo abierto ó cerrado un cuerpo mezclado con polvos de carbon, ó bien tratarle por uno de los ácidos enérgicos que se han enumerado, cuyo ácido se emplea aislado en ciertos casos, y en otros auxiliado de limaduras de cobre ó de manganeso del comercio ó sea el bióxido de manganeso de los químicos.

3.° A fundir el mineral con el carbonato de sosa para obtener de este modo una sal de naturaleza alcalina y soluble, determinando en este caso su ácido por diferentes procedimientos.

4.° A fundir el mineral por medio del tosfato sódico-amónico.

DETERMINACION DE LOS PRINCIPIOS Ó CUERPOS ELECTRO-NEGATIVOS

HIDRATOS.— Calentados en un tubo cerrado desprenden mas ó menos cantidad de agua, la cual se condensa en forma de gotas en la parte superior y fria del tubo. Puede determinarse si esta agua es ácida ó alcalina sin mas que tratarla por el papel de tornasol ó de curcuma; si tiene propiedades ácidas enrojecerá el papel de tornasol, mientras que si es básica ó alcalina tendrá la cualidad de enrojecer al de curcuma.

AZUFRE Y SULFUROS.— Calentados sobre el carbon tienen la propiedad de exhalar ácido sulfuroso ó gas de las pajuelas, llamado así por el olor característico de que está dotado; los sulfuros de mercurio y de arsénico ofrecen la particularidad de volatilizarse por la accion del calor sin descomponerse en sus factores. Fundidos todos los sulfuros mediante la sosa, dan orígen á una materia cáustica, la que, colocada en contacto de agua ligeramente acidulada, exhala olor de huevos podridos á causa del ácido hidrosulfúrico que se forma.

SULFATOS. — Calentados en el tubo cerrado suelen desprender vapores de ácido sulfuroso: mezclados con el carbon y la sosa y expuestos á la accion del soplete, tienen la propiedad de fundirse, y si se trata la sustancia fundida por agua acidulada se desprende tambien el olor de huevos podridos ó de hidrógeno sulfurado.

SELENIO Y SELENIUROS.—Calentados en un tubo cerrado desprenden el selenio, el cual se condensa en la parte superior en forma de un polvo rojo; si, por el contrario, se hace el experimento en el tubo abierto y se colocan sobre el carbon, originan la formacion de vapores de ácido selenioso, caracterizado por el olor de rábano ó de berza podrida que exhalan.

TELURO Y TELURUROS.—Calentado el teluro en el tubo cerrado produce un sublimado de color gris; en el tubo abierto da orígen á vapores de color blanco, los cuales se adhieren á las paredes del tubo, se funden en estas y forman gotas mas ó menos trasparentes si se las somete á la accion del calor, no dejando residuo alguno despues de la operacion: los telururos presentan los mismos caractéres, diferenciándose, no obstante, en que dejan siempre un residuo mas ó menos abundante, segun las especies.

ARSÉNICO Ó ARSENIUROS.—Se reconoce desde luego el arsénico por los caractéres siguientes: presenta brillo metálico y color gris de acero en la fractura reciente; calentado sobre el carbon exhala humos blancos de olor aliáceo, carácter que se obtiene tambien en el tubo abierto, depositando al propio tiempo en las paredes del tubo cristales blancos de ácido arsenioso, los que desaparecen al fin de la operacion; tratado el arsénico en el tubo cerrado se volatiliza por completo, y se deposita despues en forma de cristales de aspecto metálico. Los arseniuros ofrecen tambien lustre metálico; colocados en el tubo abierto desprenden olor aliáceo y dejan un residuo mas ó menos abundante al final de la operacion.

ACIDO ARSENIOSO, ARSENITOS Y ARSENIATOS.—Colocado el primero de estos compuestos sobre el carbon se volatiliza por completo con desprendimiento de vapores arsenicales; en el tubo cerrado se volatiliza tambien, pero se deposita despues por enfriamiento en forma de cristales aciculares ó bacilares; los arsenitos producen sobre el carbon los mismos fenómenos que el ácido arsenioso, pero en el tubo cerrado tienen la particularidad de sublimarse dejando un residuo; los arseniatos no se subliman en el tubo cerrado, y colocados sobre el carbon determinan la formacion de ácido arsenioso y olor aliáceo.

ANTIMONIO Y ANTIMONIUROS.—Calentados estos cuerpos en el tubo abierto por los dos extremos, tienen la propiedad de desprender vapores blancos é inodoros, que se condensan y se adhieren á las paredes del tubo; estos vapores pueden cambiar de sitio y hasta desaparecer por completo, sin mas que calentarlos á medida que se vayan fijando en diferentes puntos.

NITRATOS.—Cuerpos solubles en el agua; tienen la propiedad de deflagrar echados sobre las ascuas, activando la combustion; si los nitratos se mezclan con limaduras de cobre ó de hierro, y se trata la mezcla por medio del ácido sulfúrico, se desprenden vapores rojos ó rutilantes.

FOSFATOS.—Si se funden con el ácido bórico producen un glóbulo de aspecto vítreo, que tiene la particularidad, cuando se le funde de nuevo, de atacar á un alambre delgado de hierro. Los fosfatos son solubles en los ácidos, y si se trata la disolucion ácida por el molibdato amónico, se produce un precipitado amarillo; si á los fosfatos se les trata por el nitrato de mercurio, ó por los de plomo y zinc, se formará un precipitado blanco. Por lo general, los fosfatos que existen en la naturaleza se hallan unidos con los arseniatos, los que enmascaran casi siempre las reacciones indicadas; para diferenciar desde luego las dos sales, basta tratarlas por el nitrato de plomo, recoger el precipitado y calentarle sobre el carbon al fuego de reduccion; en este caso, el arseniato da orígen por su descomposicion á los vapores aliáceos ó de olor de ajos, y á un boton metálico de plomo, mientras que el fosfato produce una perla que es susceptible de cristalizar.

Si se reduce el mineral á polvo y se le trata despues por el ácido nítrico pueden reconocerse los cuerpos siguientes:

CARBONATOS.—Se distinguen desde luego por la efervescencia mas ó menos intensa que resulta, desprendiéndose al propio tiempo un gas incoloro é inodoro, ó sea el ácido carbónico; algunos de ellos producen la efervescencia á la temperatura ordinaria; pero para obtenerla en otros, es preciso calentarlos algun tanto.

BORATOS.—Mediante una temperatura elevada se disuelven en el ácido nítrico y dejan un residuo de aspecto jabonoso; si el residuo se trata por el alcohol y se quema este, arde con una llama de color verde característica debida á los boratos. Tratado desde luego el ácido bórico por el alcohol ofrece este mismo carácter.

SILICATOS (algunos).—Tratados por el ácido silícico tienen la propiedad de depositar la sílice bajo la forma de una nube gelatinosa; sin embargo, la generalidad de estos compuestos se distinguen, porque tratados por la sosa producen una sustancia ó materia soluble, en la que se precipita la sílice mediante evaporacion, si se la somete á la accion del ácido hidroclórico.

Si se trata el mineral, á temperaturas mas ó menos elevadas, por el ácido sulfúrico, se reconocen entre otros compuestos los siguientes:

CLORUROS.—Si se mezclan con el bióxido de manganeso y se atacan con el ácido sulfúrico desprenden cloro, que se distingue por su olor y color especial; por el contrario, dan hidroclórico si se les somete á la accion del ácido sulfúrico. Si se tratan los cloruros por el fosfato sódico amónico, que se haya antes fundido con el óxido cúprico, producen alrededor de la perla fundida una aureola azul-purpúrea, debida á la volatilizacion del cloruro cúprico que se forma.

BROMUROS.—Mezclados con el bióxido de manganeso y tratados por el ácido sulfúrico, desprenden vapores rojizos de olor muy desagradable.

IODUROS.—Producen, si se les mezcla con el peróxido de manganeso y se les somete á la accion del ácido sulfúrico, vapores de un hermoso color violado.

FLUORUROS.—Por medio del ácido sulfúrico y á temperatura elevada, desprenden un gas ácido incoloro que tiene la particularidad de corroer el vidrio, dando por resultado inmediato la opacidad ó deslustre de esta sustancia.

PRINCIPIOS Ó CUERPOS ELECTRO-POSITIVOS

POTASA.—La generalidad de las sales que forma esta base al unirse con los ácidos son solubles en el agua; si se trata la disolucion por el cloruro platínico se obtiene un precipitado amarillo de canario, que no es otra cosa sino el cloruro doble de platino y de potasio; por medio del ácido tártrico se forma un polvo ó precipitado blanco y cristalino, que no es mas que el bitartrato potásico; finalmente el ácido nitro-pícrico precipita en amarillo á las sales de potasa. Si se calientan sobre el carbon los minerales de potasa, depositan sobre este apoyo un residuo fijo é insoluble; expuestos á la llama exterior del soplete la comunican un color morado, siempre que no lleven los minerales ni sosa ni litina.

SOSA.—Los caractéres de las sales de sosa puede decirse que son casi todos negativos comparados con los de potasa; así que averiguado que una sal contiene esencialmente una base alcalina, se dirá que es de sosa siempre que no produzca ninguno de los caractéres indicados por los reactivos de potasa; los reactivos mas importantes de las sales de sosa son el bi-antimoniato de potasa y el peryodato de potasa, que producen un precipitado blanco. Calentados los compuestos ó minerales de sosa sobre el carbon dan lugar á un residuo, por lo general, fusible al soplete, comunicando á la llama de este un color amarillento.

LITINA.—Una disolucion bastante concentrada de estas sales tiene la propiedad de precipitar por el carbonato sódico. Si se calientan las sales de litina á la llama del soplete, comunican á esta un color rojo intenso.

AMONIACO.—Los compuestos en que entra el amoniaco son todos solubles en el agua, dando sus disoluciones un precipitado amarillo por medio del cloruro platínico, ó sea formacion del cloruro platínico amónico. Diluyendo algun tanto los minerales de amoniaco con un poco de potasa, de sosa ó de cal, ó bien calentados con estas mismas bases, desprenden amoniaco, fácil de reconocer por su olor picante y urinoso.

BARIO, ESTRONCIO Y CALCIO.—Todos los hidratos y sulfuros de estos cuerpos tienen la propiedad de ser solubles en el agua; pero son insolubles en la misma agua los sulfatos, fosfatos y carbonatos de sus bases; de donde se deduce que los indicados sulfatos, fosfatos y carbonatos solubles formados por otras bases precipitarán las sales neutras de bario, estroncio y calcio.

BARITA.—Las sales solubles de este óxido, como son el cloruro y nitrato bárico, producen por medio del ácido sulfúrico un precipitado (sulfato de barita), cuyo precipitado es insoluble en todos los ácidos y bases: por medio del cro-

mato potásico se forma un cromato de barita de color amarillo y soluble en los ácidos. Calentados los minerales de barita con el hilo de platino á la llama del soplete, comunican á esta un color amarillo rojizo.

ESTRONCIANA.—Si se tratan las sales solubles de estronciana por medio del ácido sulfúrico ó un sulfato soluble, producen los mismos caractéres que las de bario, diferenciándose, no obstante, en que las de este último cuerpo tienen la propiedad de precipitar por el ácido hidroclórico, circunstancia que no se observa en las de estroncio. Puestos los minerales de este cuerpo en el hilo de platino, y sometidos á la llama intensa del soplete, la dan un color rojo púrpura característico. Los carbonatos de plomo (cerusa ó albayalde natural), el de barita (espato pesado aéreo ó witherita) y el de estronciana (estroncianita), se confunden fácilmente por sus caractéres exteriores, pero se diferencian fácilmente teniendo en cuenta las circunstancias siguientes: la disolucion nítrica de estos tres carbonatos produce un precipitado blanco cuando se tratan por el ácido sulfúrico ó por un sulfato soluble; el obtenido del plomo se ennegrece en contacto del hidrógeno sulfurado; el de barita no adquiere este carácter por el tratamiento con este último reactivo, y se forma siempre el precipitado blanco por medio del ácido sulfúrico, aun cuando la disolucion se la diluya mucho en el agua; el precipitado de la estronciana tampoco se ennegrece en contacto del hidrógeno sulfurado, y para que se forme precipitado blanco por medio del ácido sulfúrico es preciso que la disolucion esté algo concentrada. Pueden tambien distinguirse estos tres carbonatos atendiendo á la diversa presion que ejercerán sobre la mano, siendo mayor la del carbonato de plomo que la del de barita, y la de esta mayor que la de estronciana, supuesto que el peso específico del primero es de 6,4, el del segundo 4,3 y el del tercero 3,8.

CAL.—Las sales solubles de esta base ó sus disoluciones nítricas precipitan en blanco mediante el ácido oxálico ó el oxalato amónico, cuyo precipitado es insoluble en los ácidos débiles, tales como el acético y el láctico, y soluble en los enérgicos como el sulfúrico é hidroclórico. Los compuestos ó minerales de calcio tienen la propiedad de comunicar á la llama del soplete un color rojo anaranjado mas ó menos intenso. Ciertas variedades de caliza compacta ó sea de carbonato de cal se suelen confundir por su aspecto con las mismas variedades de la cerusa, witherita y estroncianita, pero se distinguen desde luego por el menor peso específico que tienen las pertenecientes á la caliza, puesto que se halla representada por 2,7.

ALUMINA.—Las sales solubles de esta base dan un precipitado blanco por medio del amoniaco, insoluble ó muy poco soluble en un exceso de reactivo. Expuesta al soplete la alumina ó sesquióxido de alumina libre, ó bien mezclado con nitrato cobáltico, produce un hermoso color azul.

MAGNESIA.—Se distingue esta base y sus sales en que tratadas por el fosfato de sosa y amoniaco originan un precipitado blanco, que no es otra cosa sino el fosfato sódico-amónico; este precipitado es insoluble en el agua amoniacal ó en un exceso del reactivo indicado anteriormente. Humedecidos préviamente los minerales de magnesia con el nitrato de cobalto y sometidos á la accion del soplete, comunican á la llama de este un color de rosa claro.

OXIDO DE ZINC.—Las sales solubles de zinc dan un precipitado blanco (óxido de zinc) cuando se las trata por los álcalis, especialmente el amoniaco, cuyo precipitado tiene la propiedad de disolverse en un exceso de reactivo. Calentados sobre el carbon los minerales de zinc y mezclados con el carbonato de sosa, depositan una materia amarillenta, que toma color blanco por enfriamiento, y que adquiere un color verde claro si se calienta de nuevo con el nitrato de cobalto.

OXIDOS DE HIERRO. — Las sales formadas por el óxido ferroso producen un precipitado azul de Prusia por medio del cianuro férrico-potásico; las constituidas por el óxido férrico dan este mismo precipitado por el cianuro ferroso-potásico; tratadas las ferrosas por la tintura de agallas no producen precipitado negro azulado, sino despues de estar expuestas por algun tiempo á la accion del aire; las férricas producen inmediatamente este precipitado. Expuestos los minerales de hierro, mezclados con el borax, al fuego de reduccion, dan un vidrio de color verde de botella, mientras que le producen pardo amarillento, si se someten al fuego de oxidacion. Por lo general los compuestos ó las sales ferrosas proporcionan el glóbulo ó vidrio verde, y las férricas suministran el amarillo.

OXIDO DE MANGANESO.—Las disoluciones de las sales formadas por esta base son ó bien incoloras ó de un color rosa claro; tratadas por el sulfuro amónico dan un precipitado de color rojo de carne, ó sea el sulfuro de manganeso, soluble en el ácido acético. Mezclados los óxidos de manganeso con el borato sódico, producen un vidrio de color morado mediante el fuego de oxidacion, é incoloro al de reduccion.

OXIDO DE CROMO. CROMATOS. — Sometidos los cromatos á la accion del nitrato de plomo producen un precipitado amarillo, siendo este rojo por medio de los nitratos de plata ó de mercurio. Tratado el óxido de cromo por el fuego de reduccion, con intermedio de la sosa, da orígen á una materia fundida de color verde claro, que se trasforma en amarillo mediante el fuego de reduccion.

BISMUTO.—Los cuerpos formados por este metal se disuelven con facilidad en el ácido nítrico; si á la disolucion obtenida se agrega una pequeña cantidad de agua, se produce un precipitado blanco, que no es otra cosa sino el subnitrato de bismuto. Calentados los minerales de bismuto sobre el carbon y mezclados con el carbonato de sosa, producen un glóbulo metálico y una costra amarillenta mediante el fuego de reduccion; este carácter es muy bueno para distinguir el bismuto del antimonio ó del teluro.

NIQUEL. — Las disoluciones que se obtienen de los compuestos en que entra este metal, son, por lo comun, de color verde y producen por medio del amoniaco un precipitado tambien verdoso, que no es mas que un hidrato de óxido de níquel; este precipitado ofrece la particularidad de ser soluble en un exceso de amoniaco. Calentados al fuego de oxidacion los minerales de níquel, producen una coloracion amarilla de un ligero tinte violado; si á la perla ó glóbulo que resulta por el tratamiento con el soplete, se agrega una pequeña cantidad de nitrato de potasa, y de nuevo se calienta el todo, se obtiene un color rojo de púrpura.

ESTAÑO.—Los compuestos de este metal son insolubles en los ácidos, pero se convierten en solubles en el ácido hidroclórico si se les funde préviamente con el doble carbonato de potasa y sosa; si á la disolucion clorhídrica se la trata por el cloruro áurico resulta un precipitado de color rojo púrpura, denominado púrpura de Casio. Calentados los minerales de estaño sobre el carbon y mezclados con el cianuro potásico y el carbonato de sosa, producen un boton metálico blanco, duro y maleable.

COBALTO.—Las sales muy diluidas de este metal ofrecen un color rosáceo, mientras que las concentradas presentan un color azul intenso. Calentados al soplete los minerales de cobalto tienen la particularidad de comunicar al vidrio del borax un color azul intenso.

COBRE.—Los compuestos solubles de este cuerpo pro-

ducen por medio del amoniaco un precipitado verde al principio, que se disuelve en un exceso de reactivo, tomando la disolucion un color azul celeste característico; las sales solubles de cobre dan, tratadas por el ferrocianuro potásico, un precipitado de color rojo castaña ó de cobre. Calentados al soplete los minerales de este metal, presentan la propiedad de comunicar al vidrio del borax un color verde, si se emplea el fuego de oxidacion, mientras que el color es gris rojizo si se hace uso del de reduccion.

PLOMO.—Disueltos los minerales de este metal dan un precipitado blanco por la accion del ácido sulfúrico, cuyo precipitado, como se ha indicado al hablar del bario y del estroncio, se ennegrece mediante el hidrógeno sulfurado; si en una disolucion nítrica de plomo se introduce una lámina de zinc, se precipita sobre esta el plomo bajo la forma de laminillas de color gris oscuro. Fundidos los compuestos de este metal sobre el carbon con el intermedio del carbonato sódico, y empleando el fuego de reduccion, se obtiene un boton metálico blando y maleable.

PLATA.—Disueltos los minerales de plata en el ácido nítrico y tratada la disolucion por el ácido hidroclórico, cloruro de sodio ú otro cloruro soluble, se produce un precipitado blanco análogo á la leche cortada. Si se expone este precipitado á la accion de la luz solar, toma al principio un color gris violáceo, pasando despues al negro; si el precipitado referido se trata por el amoniaco, se disuelve por completo, quedando la disolucion incolora. Mezclados los minerales de plata con carbonato de sosa y puestos sobre el carbon, tienen la propiedad de fundirse á la llama de reduccion, produciendo un boton de plata blanco, dúctil y maleable.

MERCURIO.—Se distingue desde luego el mercurio libre de todos los demás metales, porque es el único que se presenta liquido á la temperatura y presion ordinaria, siendo su lustre metálico y su color blanco parecido al del estaño. Calentados los compuestos en que entra el mercurio y mezclados con el carbonato sódico, dan glóbulos metálicos de mercurio.

ORO.—El oro nativo se caracteriza desde luego por su color amarillo especial, siendo al propio tiempo uno de los metales mas dúctiles, maleables y blandos que se conocen. Los minerales de oro se disuelven en el agua régia, siendo completa la obtenida del oro puro, mientras que queda un residuo blanco de cloruro de plata en el oro argéntico, cuyo residuo, como se ha dicho, se disuelve por medio del amoniaco; si la disolucion régia del oro se la trata por el cloruro de estaño, se forma un precipitado rojo púrpura, que no es otra cosa sino la púrpura de Casio; si la misma disolucion se la somete á la accion del sulfato ferroso, se obtiene un precipitado pardo rojizo, que cuando se le frota presenta el lustre y el color del oro.

PLATINO.—Metal de color gris de acero, duro, dúctil y maleable al propio tiempo que infusible al soplete ordinario; insoluble en los ácidos nítrico, hidroclórico y sulfúrico, pero sí lo es en el agua régia ó sea en el ácido cloro-nítrico; si esta disolucion se la trata por el cloruro potásico ó potasa cáustica, da un precipitado amarillo de canario.

PALADIO.—Metal que del mismo modo que el platino es dúctil, maleable é infusible, siendo su color el gris de acero ó el blanco de plata; soluble en el ácido nítrico, pero mas fácilmente en el agua régia cuya disolucion no produce precipitado amarillo por el cloruro potásico, potasa ó carbonato potásico.

IRIDIO.—En realidad este cuerpo solo se halla aleado con el platino y el osmio, constituyendo en el primer caso la especie mineralógica denominada, aunque impropiamente, iridio nativo, y en el segundo la llamada iridosmina. El iridio cuando está aleado con el platino es insoluble en todos los ácidos, menos en el agua régia, cuyas disoluciones ofrecen colores amarillos, rojos, verdes, azules, etc., parecidos á los del arco íris, de donde precisamente toma el nombre de iridio.

CARACTÉRES GEOLÓGICOS

Al hablar de los caractéres hemos indicado que, además de los físicos y químicos, admiten algunos mineralogistas, y entre ellos Beudant, los llamados *geológicos*, que si bien es verdad no son propios é inherentes á los cuerpos mismos, sirven de gran recurso al mineralogista para llegar á distinguir varias especies. Por medio de estos caractéres se llega á saber la posicion y yacimiento que los minerales tienen en la corteza terrestre, sus diversas asociaciones ó compañías así como las causas mas ó menos probables de su orígen. El estudio de estas propiedades origina una rama importantísima de la Mineralogía, que llamaremos, siguiendo la opinion de varios autores, Geognosia, y mejor Mineralogía geognóstica, ciencia que es preciso no confundir con la Geología. En efecto, la Geología analiza la corteza terrestre en su conjunto, en su estructura; estudia la posicion respectiva de las grandes masas que constituyen nuestro globo, así como tambien las causas mas ó menos probables de su orígen. Por el contrario, la Mineralogía geognóstica es mas limitada, mas concreta, porque solo estudia el sitio en que se hallan los minerales, su diversa posicion y asociaciones. La Geología estudia los terrenos y las distintas capas que los constituyen, indicando muy someramente las especies minerales que se encuentran en cada uno de ellos. La Mineralogía geognóstica examina estas especies, limitándose únicamente á estudiar la época á que pertenecen y su primera aparicion en la corteza terrestre. En resúmen, la Geología tiene por objeto el estudio de los terrenos, de las capas y de las rocas, mientras que la Mineralogía geognóstica prescinde de examinar los minerales cuando se hallan reunidos en masas para formar los terrenos, capas, etc., y se hace únicamente cargo de cada una de las especies aisladas ó independientes que se hallan en estos; la primera analiza el lecho, la segunda los séres que en él se encuentran.

Deslindados de este modo los límites de la llamada Mineralogía geognóstica, veamos cuáles son las condiciones mas importantes que origina el estudio de las sustancias mineralógicas examinadas bajo el punto de vista geognóstico. Estas consideraciones, como se ha dicho en el cuadro analítico de caractéres, pueden reducirse á las tres siguientes: 1.ª posicion de los minerales en la corteza terrestre; 2.ª asociaciones y compañías; 3.ª causas de su formacion.

Por medio de la primera consideracion se sabe hoy, que ciertas especies minerales se hallan única y exclusivamente en los terrenos que los geólogos denominan hidrotermales ó cristalinos; que otras se encuentran solo en los llamados neptúnicos ó de sedimento, ya sean antiguos ó modernos; algunas en los designados con el nombre de volcánicos; y finalmente, que existen varias que pertenecen indiferentemente á unos y otros terrenos; así, por ejemplo, la generalidad de las piedras finas, como los topacios, granates, esmeraldas, berilos, zircones y jacintos se hallan casi siempre ó tienen por gangas rocas graníticas, correspondiendo, por lo tanto, su yacimiento á los terrenos de cristalizacion; en estos mismos terrenos, se encuentra el feldespato ortosa formando una parte esencial de los granitos comunes, de la pegmatita, protogina, gneis, leptinita, etc., pudiendo considerarse á esta especie mineralógica y al cuarzo como los dos cuerpos de

mayor importancia en la constitucion de la corteza terrestre. Los jaspes, mármoles estatuarios y comunes, el cinabrio, serpentina, calaminas y otros muchos se hallan de preferencia en los terrenos primarios ó paleozóicos, los cuales corresponden á la serie neptúnica. El carbon de piedra y la antracita pertenecen á los terrenos carboníferos. El cuarzo cristalizado ó cristal de roca, de espato de Islandia, la mayor parte de los compuestos de hierro y otros muchos minerales se hallan indistintamente en los terrenos ígneos ó de sedimento.

La asociacion y las compañías de las especies minerales entre sí, suele en ciertos casos suministrar datos preciosos al mineralogista para llegar á reconocer aquellas. Así, por ejemplo, el oro casi siempre va asociado al teluro; el platino está frecuentemente aleado con el iridio; la galena se halla unida á la blenda que tienen por ganga la baritina ó el espato fluor; la plata rara vez se presenta pura, puesto que, por lo comun, contiene algo de antimonio, de arsénico y de oro y en algunos casos hasta mercurio; el azufre, por lo general, se encuentra asociado con el yeso; la sal comun con el mismo yeso y las arcillas; el aragonito con ciertas especies de hierro; y otros muchos ejemplos que podrian enumerarse, y que nos indican de un modo irrecusable la tendencia y eleccion que tienen á unirse las especies entre sí. A su vez las sustancias mineralógicas se unen ó tienen tambien tendencia á asociarse con rocas de diversa naturaleza; así, por ejemplo, los granates, como se ha indicado, tienen por ganga rocas graníticas ó pizarrosas; los topacios se encuentran de preferencia en las pegmatitas ó en pizarras cloríticas; los zircones en los granitos, especialmente en la sienita; el azufre casi siempre va unido á rocas arcillosas ó margosas; los pedernales están unidos á la creta; el olivino á los basaltos; el asbesto, amianto y dialaga van asociados á las rocas serpentínicas; el ácido bórico á los compuestos de arsénico, etc.

El exámen del orígen ó de las causas mas ó menos probables que han intervenido en la formacion de los cuerpos, no tiene un grande interés para el mineralogista, porque en realidad no proporciona medios de ningun género para determinar y diferenciar las especies. Es verdad que estudiando el orígen, se sabe si las sustancias mineralógicas se han formado mediante la fusion, la disolucion en los líquidos ó por puro sedimento mecánico; pero como estas consideraciones y algunas otras que tienen relacion con ellas, se refieren mas bien á las rocas ó sea los minerales en masa que á las especies aisladas, prescindiremos de entrar en grandes detalles acerca de esta cuestion tan interesante, puesto que su estudio corresponde mas bien á la Geología que á la Mineralogía.

Para hacernos cargo por completo de los caractéres geológicos, conviene que digamos cuatro palabras respecto de lo que debe entenderse por minerales geognósticos esenciales, minerales diseminados, conglomerados, filones, venas, rocas, formaciones y terrenos, terminando con una clasificacion, aunque sucinta, de estos últimos, pero de absoluta necesidad para llegar á comprender por medio de ella una de las partes mas esenciales de la Mineralogía descriptiva, cual es: el yacimiento ó criadero que ofrecen las especies minerales en la corteza terrestre.

MINERALES GEOGNÓSTICOS ESENCIALES. — Se designa con este nombre á todas las especies minerales, ya se presenten cristalizadas ó amorfas, que entran en la formacion de las rocas mas importantes, comunes y de mayores aplicaciones en la industria, artes, etc.; de esta definicion se deduce la importancia que tienen ciertos elementos mineralógicos y la poca de otros, por cuanto estos últimos constituyen una pequeñísima porcion de la corteza terrestre.

Segun Cordier, la corteza terrestre está formada en 100 partes de los cuerpos siguientes:

Feldespato.	48
Cuarzo.	35
Mica.	8
Talco.	5
Carbones de cal y de cal y magnesia. . .	1
Peridoto, dialaga, piroxeno, anfibol. . . .	1
Arcillas.	1
Y los demás minerales.	1
	100

De donde tambien se deduce que la sílice es el mineral mas esencial de todos, porque si se exceptúan los carbonatos de cal y de magnesia y los demás minerales como son los compuestos de hierro y otros menos importantes, en todos los demás entra la sílice como elemento constituyente. Los minerales de sílice mas principales y que forman parte de rocas cristalinas metamórficas, etc., son los siguientes: feldespato ortosa, feldespato albita y feldespato labradorita: el cuarzo, la mica, talco, serpentina, anfibol, piroxeno, dialaga y algun otro: unidas entre sí estas especies constituyen rocas importantes; tales son entre otras el granito ó piedra berroqueña, formada de cuarzo, feldespato ortosa y mica; la sienita, constituida casi siempre por el mismo feldespato, cuarzo y anfibol; la protogina tambien por la ortosa, cuarzo y talco; el gneis formado por el feldespato ortosa y la mica; las pizarras por el cuarzo y la mica; la anfibolita por el anfibol negro y el feldespato labradorita; la diorita, constituida por el feldespato ortosa y el anfibol negro; la cuarcita, formada esencialmente de cuarzo, así como el petrosilex consta casi exclusivamente de feldespato ortosa. Hay tambien minerales en que no entra la sílice y que constituyen tambien rocas por sí solos, v. gr., los mármoles, calizas compactas, oolitas y pisolitas, cuyas rocas están formadas de carbonato de cal; el yeso, el hierro magnético, hierro oligisto y otras especies de este metal se encuentran tambien en grandes masas en la corteza terrestre.

MINERALES DISEMINADOS.— Cuerpos cristalizados ó mas ó menos concrecionados, que no constituyen un elemento ó parte esencial de las rocas en que se encuentran, siendo considerados, por lo tanto, como simples accidentes de estas; así, por ejemplo, el topacio se halla diseminado en las rocas pegmatíticas, el zircon en la sienita, los granates en las graníticas ó pizarrosas, el oro en las cuarzosas, la turmalina en las referidas rocas graníticas ó en las metamórficas, la pirita de hierro en las pizarras arcillosas, etc.

MINERALES CONGLOMERADOS.— Son masas de diferente magnitud que se hallan, por lo general, en los terrenos neptúnicos ó de sedimento, alterando algun tanto su estratificacion ó sea la posicion de sus capas. Estas masas, cuyo orígen guarda á veces relacion con el de los filones, no son mas que productos de la accion de las aguas que se presentan unas veces irregulares y otras mas ó menos redondeados afectando la forma de riñones, geodas, etc. Los riñones, como se dijo al hablar de las formas accidentales, se diferencian de todas las demás concreciones en que se hallan diseminados y como engastados en rocas de estructura y aun composicion diversa; estos riñones pueden ser unos contemporáneos de la formacion de la roca en que se encuentran, y otros posteriores á la misma. Reciben el nombre de geodas, como tambien se ha indicado, si presentan una cavidad en su centro tapizada de cristales de la misma sustancia ó de otra diferente. La mayor parte de los riñones ó formas concrecionadas son de ágata, y corresponden á la segunda accion, ó sean aquellos que se han formado despues de la

solidificacion de la roca en que se hallan engastados. Esta clase de conglomerados se encuentran, por lo general, diseminados en las rocas ígneas ó cristalinas.

FILONES.—Masas minerales deprimidas ó aplastadas, cuya naturaleza, por lo comun, es muy distinta del terreno en que se encuentran enclavadas. Se diferencian los filones de las capas que constituyen los terrenos de sedimento en que las superficies de estas últimas son constantemente paralelas entre sí, mientras que las de los filones, si las suponemos prolongadas, se cortarán á distancias mas ó menos considerables.

VENAS.—Si las cavidades ó hendiduras que existen en las rocas son pequeñas ú ofrecen poco diámetro, y se rellenan de sustancias minerales idénticas á las rocas que las presentan ó de materias distintas, se constituyen las llamadas *venas;* como ejemplo de las primeras, esto es, de venas formadas de la misma naturaleza que la de las rocas, puede citarse los *mármoles venosos;* y de las segundas el oro que se encuentra diseminado en varios puntos en rocas cuarzosas y en pizarras metamórficas; tal es entre otras la roca cuarzosa de color rojizo y de estructura hojosa que se halla en el Brasil, y á la que los naturales de esta nacion denominan *iacotinga.*

ROCAS.—Se designa con el nombre de roca, toda sustancia mineralógica simple ó compuesta, cristalizada, compacta ó incoherente, sólida ó líquida que se presenta en grandes masas, y que puede considerarse como formando una parte integral de la corteza terrestre. Atendiendo á su composicion se han dividido las rocas en dos grandes grupos, que son: 1.° simples, 2.° compuestas; se llaman simples cuando solo están constituidas de un elemento mineralógico, v. gr., los mármoles, jaspes, cuarcita, yeso, etc.: compuestas, las que constan de dos ó mas elementos mineralógicos, como la piedra berroqueña, formada de ortosa, cuarzo y mica; la sienita, que se halla compuesta del mismo cuarzo ortosa y anfíbol, etc. Las rocas simples no se dividen; las compuestas pueden presentar sus elementos manifiestos ú ocultos, por lo que se subdividen en dos secciones que son: *fanerogenas* y *adelogenas,* á las que se agrega otra seccion que es la de las rocas *mixtas;* se llama fanerogenas á las que tienen sus elementos aparentes á la simple vista; tal es lo que se observa en el granito comun, protogina, sienita, etc.; adelogenas, cuando los elementos no se ven y no se pueden reconocer sino con el auxilio de una buena lente ó por medio del análisis mecánico ó químico, v. gr., los basaltos, anfibolita y otras varias; mixtas, á las que participan de los caractéres de las dos anteriores, esto es, que ofrecen una parte adelogena, sobre la que se destacan cristales fáciles de apreciar y mediante los que se viene en conocimiento de la naturaleza y composicion de la roca segun se observa en los pórfidos. Estos cristales diseminados sirven tambien para llegar á determinar las rocas adelogenas.

Segun la opinion de la mayoría de los geólogos, las rocas ó masas minerales deben su orígen á cuatro causas ó acciones principales; tales son: 1.ª causas hidrotermales; 2.ª ígneas; 3.ª accion del agua; 4.ª accion orgánica vegetal ó animal. Las rocas hidrotermales é ígneas (formadas las primeras por la accion del fuego y del agua, y las segundas solo por el primero de estos agentes), presentan una estructura granuda, cristalina, vítrea, porosa y térrea: no están dispuestas ó no constan de capas sobrepuestas ó estratificadas, estando caracterizadas además, porque generalmente carecen de restos fósiles animales ó vegetales; las rocas que hemos denominado cristalinas ó graníticas en todas sus manifestaciones y las porfídicas que comprenden los pórfidos, serpentinas y anfibolita, son los tipos mas notables de rocas hidrotermales; asi como están incluidas en las ígneas las traquitas, obsidiana, piedra pómez ó pumita y basaltos.

Las rocas que deben su orígen á la accion de las aguas se las designa con el nombre de neptúnicas ó de sedimento; se distinguen de las anteriores por caractéres si se quiere diametralmente opuestos; se presentan, por consiguiente, en capas ó estratos sobrepuestos y contienen casi siempre restos orgánicos vegetales ó animales. Las rocas neptúnicas se dividen por los geólogos actuales en dos grupos: 1.° rocas de sedimento normales; 2.° metamórficas: las primeras, se caracterizan por ofrecer los dos caractéres generales que se han enunciado, siendo los ejemplos mas notables de ellas la caliza y la mayor parte de sus variedades, el sulfato de cal hidratado ó sea el yeso, los compuestos de hierro, mejor dicho, los óxidos de este metal, las arenas y las areniscas; las llamadas metamórficas presentan modificaciones y alteraciones mas ó menos profundas y considerables, ya sea en toda su masa ó solo en una parte de ella, ofreciendo además una estructura particular, puesto que se parece á la de las rocas cristalinas por el estado de agregacion de sus elementos, y á la de las neptúnicas por la disposicion laminar ú hojosa de sus componentes; el gneis, las pizarras particularmente dichas, las pizarras talcosas, micáceas, cloríticas, etc., la caliza sacaroidea ó mármoles de Carrara, las dolomias, el sulfato de cal anhidro ó karstenita y la sal comun, son los principales tipos de esta clase de rocas ó sean de las metamórficas.

FORMACION.—Reunion de materiales que tienen ó reconocen por orígen la misma causa, sea la que quiera la época en que aquella haya actuado; por esta razon se acostumbra á decir en Geología formacion ígnea ó plutónica á todos los materiales producidos por la accion del fuego, cuyos materiales se concibe desde luego que han podido ser originados en épocas distintas; formacion neptúnica, á los materiales que deben su orígen á la accion de las aguas; orgánica, á aquellos otros formados por la accion de la vida vegetal ó animal, etc.

EPOCA GEOLÓGICA Ó TERRENO.—Conjunto de materiales diversos que han sido producidos durante un período geológico mas ó menos largo, ó bien, como quieren algunos, el conjunto de formaciones minerales y fósiles animales y vegetales originados en un mismo período geológico.

No siendo pertinente á la ciencia mineralógica el estudio de las rocas, formaciones y terrenos, no entraremos nosotros en consideraciones sobre una materia tan esencial, cuyo estudio pertenece de hecho á la Geología; pero no obstante, indicaremos, aunque muy brevemente, la clasificacion de terrenos, admitida por la inmensa mayoría de los geólogos actuales, y por medio de la cual llegaremos á comprender con facilidad el yacimiento ó criadero de las distintas especies minerales que se han de describir en esta obra.

La tierra, ó el planeta que habitamos, ha ofrecido en su historia física dos épocas ó períodos completamente diferentes uno de otro: el primero se caracteriza desde luego por la ausencia de la vida animal y vegetal; el segundo por la aparicion de estos séres orgánicos. Teniendo en cuenta esta circunstancia, pueden admitirse dos series distintas: 1.ª azóica ó ígnea, cuya serie comprende todos los materiales formados con anterioridad á la aparicion de la vida vegetal y animal, y habiendo sido producidos por causas hidrotermales ó ígneas; 2.ª fosilífera ó de sedimento, que comprende á su vez todos los materiales que se han formado posteriormente, y cuyos materiales han sido producidos por causas diferentes, siendo, no obstante, las mas notables la sedimentacion y la accion orgánica vegetal y animal.

La primera serie, ó sea la azóica ó ígnea, se halla formada por los terrenos denominados ígneos ó cristalinos y la segunda por los de sedimento ó neptúnicos. Los ígneos, que se pueden subdividir en graníticos, porfídicos y basálticos, presentan, entre otros caractéres, los dos siguientes: 1.°, no contener restos fósiles; 2.°, los minerales ó rocas que los constituyen no están dispuestos en capas sobrepuestas unas á otras; los terrenos ígneos se hallan ocupando las mayores profundidades de la corteza terrestre, atravesando, sin embargo, toda la serie de los terrenos neptúnicos, hasta llegar y elevarse á mayores ó menores alturas de la superficie terrestre.

Los neptúnicos ó de sedimento se distinguen de los anteriores, porque en general ofrecen restos fósiles y por presentarse en capas ó estratos. Para dividir la serie neptúnica en diversos grupos ó terrenos, se atiende al carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico: el primero consiste en estudiar los minerales y rocas que forman parte de un terreno; el estratigráfico en examinar la disposicion que tienen las capas ó estratos de un terreno dado; el estudio de este carácter corresponde á la rama importante de la Geología, que se conoce con el nombre de estratigrafía; por medio del carácter estratigráfico se ha llegado á establecer el principio fundamental siguiente: que cuando dos series de estratos ó de capas se encuentran sobrepuestas, las mas inferiores son las mas antiguas, á no ser que haya habido algun trastorno ó dislocacion producido por causas interiores. Por medio del carácter paleontológico se llega al conocimiento de los fósiles animales y vegetales que se hallan depositados en los distintos terrenos; este carácter es de sumo interés para el geólogo, habiéndose establecido mediante su estudio los dos principios fundamentales siguientes: 1.° que en cada terreno ó período geológico de sedimento existe una creacion de especies de animales y de plantas distintas: 2.° que las especies son tanto mas modernas, cuanta mas analogía y afinidad presentan con los séres que viven actualmente. Fundados en estos caractéres y sobre todo en los dos últimos, se han dividido los terrenos neptúnicos, á contar desde el exterior al interior del modo siguiente: 1.° terreno moderno y cuaternario; 2.° terciario; 3.° secundario; 4.° primario y 5.° azóico; cuyos terrenos se designan tambien respectivamente con los nombres de neozóico, cenozóico, mesozóico, paleozóico y azóico.

CLASIFICACION DE TERRENOS

Serie fosilífera ó de sedimento.	1.° Moderno ó cuaternario. 2.° Terciario. 3.° Secundario. 4.° Primario. 5.° Azóico.
Serie azóica ó ígnea.	Basáltico. Porfídico. Granítico.

MINERALOGÍA TAXONÓMICA

CLASIFICACION DE LOS MINERALES

Hemos estudiado del modo mas general que nos ha sido posible las propiedades físicas, químicas y geológicas que ofrecen los minerales, ó bien sea la parte de la ciencia á que hemos llamado *característica*. El estudio de dichos caractéres es de sumo interés al mineralogista, puesto que por medio de él se distinguen los séres inorgánicos entre sí, se separan ó se reunen segun las analogías, afinidades ó diferencias, formando de esta manera grupos ó divisiones y subdivisiones, cuya reunion constituye lo que se denomina *clasificacion*. La parte de la Mineralogía que tiene por objeto clasificar las sustancias mineralógicas, esto es, agruparlas segun sus mayores analogías ó semejanzas, se designa con el nombre de *Taxonomía*, palabra formada de otras dos griegas, que quieren decir arreglo de las leyes ó conocimiento de los principios que se han creado para formar verdaderas clasificaciones. Estas reglas y principios fueron ignorados de los mineralogistas, zoólogos y botánicos antiguos, y de aquí nace la vaguedad y confusion que se notan en sus descripciones y clasificaciones, hasta el punto de unir en un mismo grupo séres cuyos caractéres son muy distintos. Antes de entrar en detalles de las clasificaciones mineralógicas, estimamos oportuno dar una idea general del orígen y progresos de las clasificaciones establecidas en la parte orgánica, sobre todo en la Botánica, supuesto que los zoólogos y mineralogistas no han hecho mas que tomar como base de sus clasificaciones los principios y reglas taxonómicas ideadas por los botánicos.

Esparcidos los séres en la naturaleza sin órden ni concierto aparente, y no siéndole fácil al hombre observar á primera vista la union y enlace que entre ellos existen, tuvo necesariamente que valerse de ciertos medios y procedimientos para llegar á conseguir objeto tan esencial. Hé aquí el orígen de las clasificaciones ó sea de los sistemas y métodos, sin los que la Historia natural jamás habria llegado á alcanzar los rápidos y asombrosos progresos que ha hecho desde el momento en que se fundaron verdaderas clasificaciones. Sin ellas, era imposible que el hombre pudiera formarse un juicio claro y exacto de los séres orgánicos é inorgánicos, ni tampoco le seria fácil conservar en su memoria el conocimiento de un individuo dado sin confundirle con otro ú otros que sean mas ó menos análogos ó afines. A causa, pues, de estas dificultades, y quizás mas bien de la necesidad del órden que el hombre siente en sí, puede decirse que las clasificaciones son de hecho uno de los ejercicios mas frecuentes de su inteligencia, uno de esos actos que pudieran calificarse de instintivos; el hombre clasifica y es sistemático por naturaleza, aun en los asuntos y cosas que tienen relacion con la vida social. Por otra parte, la necesidad de los sistemas y métodos en Historia natural nació principalmente tambien del conocimiento de multitud de especies, cuyo agrupamiento, como se comprende, hubiera sido imposible sin la creacion de las clasificaciones.

No basta, como se ha manifestado, estudiar los animales, vegetales y minerales como séres aislados é independientes unos de otros; es necesario tambien compararlos, reunirlos en grupos subordinados y constantes para que de este modo

podamos examinar fácilmente sus mayores ó menores afinidades y diferencias. Siendo indefinido el número de séres naturales que se conocen, ofreciendo muchos de ellos caractéres diversos, se concibe que seria imposible conocerlos, si el naturalista no hubiera encontrado medios suficientes para ordenarlos y agruparlos de manera que su estudio sea fácil y pueda cualquiera, sin recurrir á grandes esfuerzos de trabajo y de inteligencia, llegar á distinguir unos de otros. Estos medios son, como se ha consignado, el uso de clasificaciones razonadas y metódicas, las que nos guian sin grandes dificultades al conocimiento de los séres.

Clasificacion y divisiones.—La formacion de grupos subordinados y enlazados entre sí, al modo como se encuentran los capítulos, párrafos y artículos en un catálogo razonado y científico, se designa con el nombre de clasificacion. Pueden dividirse las clasificaciones en dos categorías: 1.ª *empíricas;* 2.ª *racionales.* Para establecer las primeras no se toma en cuenta para nada ninguna de las propiedades ó cualidades inherentes de los séres, estando fundadas, por lo tanto, en una idea puramente abstracta y arbitraria; así, por ejemplo, las clasificaciones por órden alfabético, las fundadas en las localidades, en los autores que han dado á conocer las especies, etc., se hallan en este caso; estas clasificaciones, especialmente las basadas en el órden alfabético, son muy útiles en la formacion de catálogos, ó en aquellas obras que no tengan otro objeto que manifestar algunas cualidades de los séres, pero no sirven en manera alguna para tener una idea clara y exacta de estos, por cuanto no señalan ninguna de las particularidades que les son propias. Las clasificaciones racionales se fundan en la estructura y propiedades inherentes de los séres que se estudian; estas se subdividen á su vez en *sistemas particularmente dichos ó clasificaciones artificiales* y en *métodos ó clasificaciones naturales;* para hacer las divisiones ó subdivisiones en las primeras, es suficiente un carácter ó un corto número de ellos fáciles de estudiar; en las segundas, es necesario valerse del conjunto ó reunion de todos los caractéres, agrupándose los séres conforme á sus analogías y afinidades naturales. Se comprende, pues, que los sistemas serán numerosos y variados, supuesto que diversos son los caractéres de que puede valerse el naturalista para llegar á establecerlos. Se cita, como prototipo de clasificaciones artificiales, el sistema sexual de Linneo, fundado, como todo el mundo sabe, en las variadas modificaciones que ofrecen los órganos sexuales de las plantas, ó sean los estambres y pistilos. Un sistema ó clasificacion artificial en Mineralogía seria aquella por medio de la que reuniéramos las especies teniendo en cuenta su dureza, dividiéndolas en blandas, poco duras, duras y muy duras; ó bien teniendo presente el peso especifico, siendo á su vez divididas las especies en flotantes, ligeras, poco pesadas, pesadas y muy pesadas; ya fundados en su diversa coloracion, agrupándolas bajo el punto de vista de este carácter en incoloras y coloreadas; estas últimas en azules, rojas, verdes, amarillas; despues las verdes, por ejemplo, se subdividirian en verde de botella, verde de montaña, verde manzana, verde de puerro, etc. Los sistemas ó clasificaciones artificiales solo tienen por objeto el proporcionar al naturalista un medio breve y sencillo de hallar el sér que se busca y de darle un nombre diferente de los demás. Por medio de los métodos ó clasificaciones naturales, no solo se propone el clasificador encontrar el nombre de los séres, sino ademas las analogías y afinidades que estos presentan entre sí; los métodos se fundan, como se ha manifestado, en la reunion ó estudio de todas las propiedades de los séres, por lo que en realidad no puede haber mas que uno, siendo de hecho mas difíciles de formar y de comprender que los sistemas, pero tienen á su vez tantas ventajas sobre estos que en la actualidad los botánicos y zoólogos solo se valen de las clasificaciones naturales para el agrupamiento de las especies. Los mismos mineralogistas tienen tambien tendencia á constituir grupos mas ó menos naturales y análogos á los formados en Botánica y Zoología; pero como veremos inmediatamente, los ensayos que se han hecho en la ciencia mineralógica no han dado los felices resultados que en las otras dos ramas de la Historia natural.

El resultado obtenido por las clasificaciones artificiales fundadas en el reino orgánico, no podia satisfacer en modo alguno á los zoólogos, y sobre todo á los botánicos, fundadores, como hemos dicho, de los principios taxonómicos, puesto que pocas ventajas y utilidades veian en conocer un sér y darle un nombre particular que sirviera para distinguirle de los demás. Deseosos los botánicos de apreciar hechos mas importantes, considerando la insuficiencia de los sistemas que nada indican respecto de las afinidades ó semejanzas que presentan los vegetales entre sí, y convencidos por otra parte que por el sendero de las clasificaciones artificiales nunca llegarian á obtener un conocimiento claro y exacto de las plantas, relaciones que existen entre ellas, su organizacion, funciones, etc., se valieron y recurrieron á los métodos, que si bien son mas minuciosos, complicados y difíciles que los sistemas, tienen la ventaja sobre estos de que producen resultados mejores y mas felices para la ciencia.

Luego que Linneo fundó su sistema sexual, se creyó por los naturalistas de su época que este procedimiento suplia perfectamente al método natural y que era suficiente para el agrupamiento de las especies; esta creencia general retardó la aparicion de una clasificacion natural, á pesar de las ideas emitidas por el mismo Linneo y algunos de sus discipulos. No obstante, Adanson publicó en 1763 sus familias naturales basándolas en la comparacion general de los órganos de las plantas, estudiados bajo diversos puntos de vista. Este primer trabajo de una clasificacion natural no alcanzó grande resultado, debido quizás á que Adanson dió la misma importancia á todos los órganos y á todas las consideraciones á que estos se prestan, resultando como era natural de este modo de proceder, que los vegetales se hallaban reunidos conforme al número de sus semejanzas ó afinidades, y no segun el grado de importancia de ellas.

Quince años antes que Adanson diese á luz sus familias naturales, el célebre cuanto modesto Heister entrevió el fundamento de la clasificacion natural ó método, tal es: «la subordinacion de caractéres;» pero la gloria de las bases esenciales del método corresponde de hecho á la familia de Jussieu. El primero de ellos, ó sea Bernardo de Jussieu, teniendo en cuenta las observaciones de varios botánicos anteriores, las hechas por los de su época, reuniendo las suyas y fundándose en principios y bases mas filosóficas, estableció las verdaderas bases de la clasificacion natural, las que posteriormente han sido modificadas y ampliadas por su sobrino Lorenzo, por Lamarck, Decandolle, Roberto Brown y otros varios botánicos.

No es aquí donde debe hacerse la historia del método, su orígen, progreso y perfeccionamiento á que ha llegado; estas consideraciones y otras varias corresponden de hecho al ramo de la Botánica. Nosotros nos limitaremos á consignar únicamente los principios esenciales en que se han fundado los de Jussieu y otros botánicos para el planteamiento del método, cuyo exámen nos servirá de mucho en el estudio de las clasificaciones mineralógicas. Estos principios se reducen á los tres siguientes:

1.° Aprecio del valor relativo de los órganos.

2.° Conocimiento de las causas que hacen cambiar, alte-

rar ó modificar de un modo mas ó menos profundo la naturaleza de estos mismos órganos.

3.° Importancia que debe concederse á cada uno de los puntos de vista bajo los que puede considerarse un órgano.

1.° PRINCIPIO.—APRECIO RELATIVO DE LOS ÓRGANOS.—La llamada *subordinacion* de *caractéres* que se funda en este principio, es de absoluta necesidad, para tener una idea exacta de la importancia que entre sí ofrecen los órganos; para llegar á obtener este resultado, los caractéres que estos presentan han de ser *pesados y no contados.* Nadie ignora, que en las plantas no gozan todas sus partes ú órganos de la misma importancia, siendo desde luego unos mas esenciales y principales que otros; pero en estos mismos los hay de tal índole y naturaleza que no es fácil *á priori* indicar cuáles sean los mas interesantes, teniendo precision en este caso de analizar las funciones que desempeñan. Las plantas ofrecen dos clases de funciones; las unas encargadas de la nutricion ó conservacion del individuo, y las otras de propagar la especie. No es fácil á primera vista determinar cuál de estos dos sistemas es el mas importante, porque en realidad no hay una verdadera primacía y superioridad en ninguno de ellos. Aceptada su igualdad, Decandolle dice que una clasificacion que tenga por fundamento esencial cualquiera de estos sistemas, será desde luego tan buena y natural como si se eligiera el otro. Sin embargo, el hijo de este eminente botánico ha concedido la preferencia al sistema nutritivo sobre el reproductor, porque segun él las funciones reproductoras solamente propagan la especie, y las nutritivas conservan el individuo y, por consecuencia, tambien la especie, no pudiendo existir esta sin aquel, mientras que el individuo puede vivir sin reproducirse, pero desde luego moriria si no se nutriera. Verdad innegable, es cierto, pero no lo es menos que la superioridad que el hijo de Decandolle concede al sistema nutritivo, no es tan exacta en el fondo como aparece á primera vista, porque si los individuos no se reprodujeran, vivirian mas ó menos tiempo segun las especies, pero dejarian de existir en un tiempo limitado.

Esta circunstancia unida á la de que los órganos ó partes reproductoras se observan y se conocen mejor, y á que los nutritivos presentan ligeras diferencias, difíciles de apreciar en la mayor parte de los casos, han contribuido á que se dé casi siempre la preferencia á los reproductores para el fundamento de los métodos.

Las plantas, del mismo modo que los animales, constan de partes sólidas y líquidas, y siendo estas últimas segregadas por las primeras, no se necesita un grande esfuerzo de imaginacion para comprender la primacía que debe darse al órgano productor. A su vez, la importancia de los órganos puede fijarse teniendo presente varias circunstancias, á saber: sus usos, su generalidad, la mayor ó menor dependencia con la estructura de ciertos grupos naturales, y su variabilidad, siendo los esenciales mas constantes que los secundarios. Fundados en estos principios, y en los otros que hemos indicado, cuyo estudio no corresponde á este tratado, el hijo de Decandolle y otros botánicos han dispuesto la importancia de los órganos del modo siguiente:

1.° Tejido celular.

2.° Vasos, estomas, cotiledones, raicilla, plúmula ó esporas.

3.° Raíz, hojas ó frondes, thallus, estambres y pistilos ó esporangios.

4.° Corola y cáliz.

5.° Torus, nectarios, brácteas é involucro.

GRUPOS Ó DIVISIONES PRINCIPALES QUE SE FORMAN EN LAS CLASIFICACIONES BOTÁNICAS Y ZOOLÓGICAS.

Estas divisiones pueden reducirse á las siguientes: individuo, variedad, raza ó casta, especie, género, tribu, familia, órden y clase.

Llámase *individuo*, á todo sér orgánico completo, dotado de existencia propia, de forma y de partes constantes que no se pueden dividir sin que deje de existir el sér, ó de perder parte de sus cualidades; así por ejemplo, en un monte de encinas, en un rebaño de gacelas ó en una reunion de hombres, cada pié de encina, cada gacela ó cada hombre es un individuo aislado é independiente de los demás, aunque dotados de caractéres semejantes.

ESPECIE.—Reunion de individuos que se parecen entre sí mas que á otros, y cuyos caractéres de parecido ó semejanza se perpetúan mediante la reproduccion; algunos de los individuos que corresponden á la misma especie, suelen ofrecer cambios ó modificaciones que no son esenciales y permanentes, sino por el contrario ligeras y mas ó menos fugaces, pudiendo volver al tipo primitivo en el momento que se encuentran en las condiciones normales y generales de todos los demás de la especie; estos individuos constituyen las *variedades*; así como *razas* y *castas*, si las cualidades que ofrecen los individuos de una misma especie son mas trascendentales, mas permanentes y se propagan de unos á otros por medio de la reproduccion.

GÉNERO.—Reunion de especies que presentan grandes analogías, tanto en sus caractéres internos como en los externos; si los géneros abrazan muchas especies, se suelen subdividir en otros grupos inferiores, llamados *sub-géneros* ó *secciones*.

FAMILIA.—Reunion ó coleccion de géneros que presentan caractéres comunes; así como el *órden* resulta de la agrupacion de familias afines; en Botánica, suele llamarse indistintamente familia ú órden á la reunion de géneros semejantes, subdividiendo estos grupos en otros inferiores y bien caracterizados que se designan con el nombre de *tribus*. No obstante, casi siempre se forman los órdenes reuniendo los géneros comunes, pero teniendo presente un solo carácter; y las familias ú órdenes naturales, si los géneros se agrupan segun los caractéres que ofrecen en toda su organizacion.

CLASES.—Reunion de órdenes ó de familias afines que se agrupan mediante un carácter general y esencial á todas ellas. Estos diversos grupos de asociacion, que se hallan en todos los métodos ó clasificaciones naturales, forman una verdadera escala descendente ó ascendente segun se la considere; tal es lo que puede verse á continuacion:

Clases.
Familias.
Ordenes.
Tribus.
Géneros.
Subgéneros.
Especies.
Castas ó razas.
Variedades.
Individuos.

Debe tenerse presente que en las clasificaciones zoológicas los órdenes son superiores á las familias, y que existe además otro grupo superior á las clases, que recibe el nombre de *tipo*. En este caso, puede representarse la anterior escala del modo siguiente:

Tipos.
Clases.
Ordenes.
Familias.
Tribus.
Géneros.
Sub-géneros.
Especies.
Castas ó razas.
Variedades.
Individuos.

CLASIFICACIONES Y GRUPOS MINERALÓGICOS

Las clasificaciones del reino inorgánico ofrecen obstáculos y dificultades difíciles de vencer, no habiéndose obtenido hasta la época actual grupos ó divisiones que puedan asimilarse por completo á los establecidos en los orgánicos. La individualidad que se atribuye á los minerales no viene á ser, por lo menos en muchos casos, mas que una cualidad meramente artificial ó imaginada solo para formar la especie mineralógica á imitacion de la zoológica y botánica. Los ensayos hechos por los mineralogistas para crear el método no han dado los resultados que en las otras dos ramas de la Historia natural; todas las clasificaciones que se conocen en el reino inorgánico son imperfectas; y por desgracia continuarán siéndolo por mucho tiempo, puesto que por las clasificaciones en serie lineal, que son las únicas que existen en Mineralogía, no es posible apreciar las relaciones y afinidades que existen entre los minerales.

Sin embargo, muchos mineralogistas, tales como Haüy, Beudant, Dana, Leymerie, Delafosse y otros no menos notables, han llegado á formar, despues de muchos esfuerzos y venciendo grandes dificultades, divisiones ó grupos mineralógicos, los que si bien, como se ha indicado, no son tan exactos como los botánicos y zoológicos, pueden admitirse como naturales, sobre todo desde que la unidad de medida de toda clasificacion, ó sea la especie, se ha fundado en la composicion química y en la forma regular, así como el género se constituye teniendo en cuenta la misma composicion, forma regular é isomorfismo.

En las primeras épocas de la Historia natural, puede decirse que las clasificaciones mineralógicas eran puramente empíricas ó prácticas, porque todas ellas estaban basadas en las utilidades ó beneficios que daban los minerales, ó bien en las localidades y criaderos en que se encontraban. Como tales se consideran la de Teofrasto, que clasificó los cuerpos inorgánicos teniendo en cuenta su utilidad y valor relativo; la de Dioscorides, que los dividió en marinos y terrestres; la de Plinio, cuyo célebre naturalista estableció una clasificacion análoga á la de Teofrasto. Otro tanto puede manifestarse respecto de las clasificaciones establecidas por los mineralogistas griegos y árabes, los cuales fundaron sus divisiones, no en los atributos ó caractéres que presentan los cuerpos inorgánicos, sino en particularidades ó circunstancias que no son inherentes á ellos. Sin embargo, en el siglo XI, el célebre árabe Avicena, dividió las sustancias mineralógicas conocidas en su época en cuatro clases; á saber:

1.ª piedras: 2.ª azufres: 3.ª sales: 4.ª metales. Esta clasificacion, llamada por algunos empírica, ofrece de notable el que está basada en la naturaleza química de los cuerpos. En el siglo XVI, Agrícola, como se ha dicho en la introduccion, para dividir los minerales en grupos, se valió de los principios establecidos por Teofrasto, esto es, del valor y utilidad relativa que tienen aquellos. Mas tarde, Paracelso, Bromel, Walerio, Cronstedt y otros muchos, adoptaron para el fundamento de sus clasificaciones, unos las propiedades exteriores, otros las físicas, y algunos las químicas, dando de este modo un gran impulso á la ciencia mineralógica, al que contribuyeron de un modo eficaz las observaciones pirognósticas llevadas á cabo por Becher en 1664, el estudio de los fenómenos eléctricos hecho por Boyle y las lecciones publicadas primero por Bernardo de Palissy y posteriormente por Valmont de Bomare.

Nocion de la especie é individuo mineralógico.—Desde mediados del siglo XVII hasta la época actual, la ciencia mineralógica ha progresado extraordinariamente, habiéndose basado el grupo fijo y esencial, llamado especie, en caractéres fijos y permanentes. El primer mineralogista que entrevió la importancia que tenia este grupo en las clasificaciones mineralógicas fué el inmortal Werner; pues si bien es cierto que las divisiones que estableció no son tan exactas como las que se han formado despues, puede considerarse, no obstante, su sistema como el mas razonado y metódico de todos los publicados hasta su época. A este eminente sabio se debe el que la Mineralogía saliera del estado de incertidumbre y confusion en que estaba hasta últimos del siglo pasado, por lo que algunos le consideran como el Linneo de la Mineralogía; y aunque tanto él como sus discípulos dan gran preferencia al estudio de las propiedades exteriores para el agrupamiento de las especies minerales, no por esto echaron en olvido ni mucho menos la composicion química. Así que Werner, al tratar de las cualidades exteriores, se expresa de esta manera: «Las sustancias mineralógicas que difieren en naturaleza química deben constituir especies distintas; y por el contrario, corresponden á la misma las que presentan idéntica composicion.» A partir de este momento la especie mineralógica adquirió en las clasificaciones inorgánicas idéntica importancia que la vegetal y animal.

En los vegetales y animales, como se sabe, la especie está basada en un tipo fijo de organizacion, que se repite exactamente en un número mas ó menos determinado de séres particulares, que por lo mismo se consideran como individuos semejantes. En el reinado inorgánico puede admitirse tambien que la especie tiene por fundamento un tipo tan fijo y determinado como el de las especies botánicas y zoológicas; este tipo es igual en las moléculas de muchos minerales, y se repite sin modificacion ni alteracion importante siempre que átomos de la misma naturaleza se encuentren y reaccionen unos sobre otros en iguales circunstancias. El individuo mineralógico no es otra cosa sino la molécula física, ó sea grupo atómico de tipo determinado, que representa el elemento de las masas minerales; pero así como existen tipos moleculares diferentes, puede tambien haber individuos distintos, sean estos simples, ó constituidos de una sola especie de moléculas, ó compuestos, formados de dos ó mas grupos de moléculas diversas. La molécula física, sin embargo, jamás está aislada, sino que se halla reunida á otras para constituir por su agregacion masas minerales dotadas de un volúmen dado. Algunos mineralogistas definen al individuo diciendo: que es la última division mecánica que se puede obtener de un mineral.

Reglas y fundamentos que se han adoptado en Mineralogía para la formacion de las especies.—El célebre mineralogista Mohs define la especie del modo siguiente: «Conjunto de minerales que presentan la misma forma regular, idéntica densidad relativa é igual dureza.» Atendiendo á estas particularidades llegó á formar especies fijas, bien determinadas y análogas á las que despues han constituido otros mineralogistas eclécticos.

A los principios sentados por Werner y Mohs, se suceden las doctrinas emitidas por Daubenton y Haüy que supusieron, sobre todo el último de estos mineralogistas, que los caractéres geométricos ó formas regulares de los minerales, auxiliados de la composicion química, eran suficientes para llegar á constituir y fijar con toda exactitud y precision el grupo esencial denominado especie. En virtud de esta creencia, Haüy define la especie de la manera siguiente: «Conjunto de sustancias mineralógicas, cuyas moléculas integrantes son idénticas en su forma, y que están constituidas de los mismos elementos químicos y en iguales proporciones.» Por lo que se desprende de esta definicion se comprende que Haüy y sus partidarios, para determinar las especies, se fundan esencialmente y toman como carácter primordial la forma cristalina. Si todos los cuerpos inorgánicos que se estudian en Mineralogía presentaran formas regulares y bien determinadas, desde luego podria aceptarse este carácter como el mas á propósito y conveniente para llegar á constituir la especie mineral; pero ni todos los cuerpos cristalizan, ó por lo menos no se conocen hasta ahora sus formas regulares, y ni aun en los que cristalizan puede apreciarse siempre con toda exactitud su forma cristalina. Es verdad que Haüy, Dufrenoy, Delafosse, etc., al hablar de las especies describen con gran precision la forma que corresponde á cada una de ellas, concediendo á este carácter un grande interés; pero no es menos cierto tambien que los ejemplares que estos mineralogistas citan en sus obras, son en su inmensa mayoría los cristales bien terminados que se encuentran formando parte de las colecciones de los museos de Paris, Berlin, Lóndres, Viena, etc., cristales que han servido de tipo para sus descripciones; pero estas condiciones no las ofrecen, por lo general, el inmenso número de los que se hallan esparcidos en la corteza terrestre, puesto que ó no cristalizan, ó sus cristales presentan modificaciones ó alteraciones que contribuyen á alterar su verdadera forma regular.

Esta falta de constancia ó de permanencia se nota tambien en los demás caractéres físicos, tales como la estructura, dureza, refraccion, color, lustre, electricidad, magnetismo, etcétera, de cuya importancia relativa, no para la formacion de las especies, sino para diferenciarlas entre sí, nos haremos cargo inmediatamente por más que se haya hecho ya al tratar de cada una de estas propiedades.

Los partidarios de los caractéres químicos, entre los cuales se encuentran principalmente Berzelius, Beudant y Hausmann, creen que los caractéres físicos no sirven en modo alguno para constituir la especie, y suponen, por el contrario, que la composicion ó las cualidades químicas son las únicas que deben tomarse como base fundamental para formar la especie mineral. Con efecto, la invariabilidad y constancia que se nota en los caractéres químicos parece que les da este interés y esta preferencia, supuesto que todos los demás, sin excepcion alguna, pueden variar en razon de las circunstancias en que se haya encontrado ó se halle el mineral.

Basta, segun la opinion de los mineralogistas citados, enumerar algunos ejemplos de especies comunes, para probar que esta creencia no está basada en meras hipótesis ó hechos falsos, sino que descansa en principios fijos y sólidos, los cuales no pueden menos de ser apreciados aun por los mas acérrimos partidarios de las propiedades físicas.

Al hablar nosotros de los caractéres químicos y de su importancia, hemos manifestado por medio de ejemplos (que volveremos á recordar aquí) el interés que ofrecen en la constitucion de la especie mineral. En el carbonato de cal de los químicos (cal carbonatada de Haüy) se nota que el carácter físico mas esencial, cual es la forma regular, puede ser diferente en unos ó en otros individuos, puesto que unas veces cristaliza en formas derivadas del sistema romboédrico, y otras en prismas que corresponden al sistema prismático rectangular recto; formas verdaderamente incompatibles, y que han sido causa de que en el carbonato de cal se formen dos subespecies, á saber: la caliza romboédrica y el aragonito. Haüy, consecuente con sus doctrinas, creyó que el cambio de forma en esta sustancia era debido á una pequeña cantidad de carbonato de estronciana que se encontró en los aragonitos que se analizaron en su época, pero observaciones posteriores han demostrado hasta la evidencia, que hay ejemplares de aragonito que son completamente puros, y que cristalizan, no obstante, en formas derivadas del prisma rectangular recto.

En la subespecie caliza citada anteriormente se encuentran variedades que difieren extraordinariamente respecto al carácter de la estructura; así, por ejemplo, en nada se parecen los mármoles sacaroidéos, los comunes y las calizas compactas á las variedades fibrosas, terrosas, concrecionadas, etc., siendo tal su diferencia que, guiados únicamente por esta propiedad física, se hubieran visto obligados los mineralogistas á constituir con cada una de estas variedades otras tantas especies distintas. Si á su vez se determina el peso específico de las calizas cristalizadas, de las compactas, terrosas, etc., (siempre que no se las reduzca á polvo) se verá que es mayor en las primeras que en las segundas, siendo el de estas superior al de las últimas. Su dureza es tambien variable, supuesto que las terrosas son tan blandas que se dejan rayar por la uña, mientras que las cristalizadas no lo son sino por la fluorina ó la navaja. Por último, no hay una verdadera analogía entre las diversas variedades de caliza respecto al carácter del color, por cuanto en nada se parecen los mármoles sacaroidéos de un blanco puro, á las calizas bituminosas y mármoles denominados negros á causa del color que presentan.

¿Seria posible por las cualidades físicas reunir todas estas subespecies y variedades de forma, estructura, dureza y aun peso específico en una sola especie mineral? Desde luego puede afirmarse que no. Pero si, por el contrario, se analizan sus cualidades químicas, se nota desde luego que lo mismo la caliza que cristaliza en el sistema romboédrico, que aquella otra que lo efectúa en el sistema rectangular recto, lo mismo las fibrosas que las compactas y terrosas, las duras que las blandas, las incoloras como las que ofrecen colores diversos, se hallan constituidas de iguales elementos y en idénticas proporciones, puesto que todas ellas están formadas de 44 partes de ácido carbónico y 56 de óxido de calcio. A esta igualdad de composicion se debe que todas las variedades indicadas anteriormente presenten caractéres químicos iguales; así, por ejemplo, se observa que desprenden ácido carbónico y se trasforman en óxido de calcio ó cal viva, cuando se las somete á la accion del soplete; que tanto unas como otras son insolubles en el agua, á no ser que tengan un exceso de ácido carbónico y pasen al estado de bicarbonato; su disolucion en el ácido hidroclórico ó nítrico se efectúa en todas ellas con desprendimiento de un gas incoloro é inodoro (ácido carbónico); finalmente, si la disolucion nítrica se trata por el oxalato amónico, se obtiene un precipitado blanco de oxalato de cal, cuyo precipitado es insoluble en los ácidos débiles, como el láctico y acético, siendo, por el contrario, soluble en el sulfúrico ó hidroclórico. Ninguno de estos caractéres químicos faltan en los diferentes ejemplares de caliza, mientras que pueden variar extraordinariamente todas las propiedades físicas.

Otro ejemplo, no menos notable que el anterior, ofrece la sílice ó ácido silícico de los químicos. En esta especie, que

tan abundante se encuentra en la naturaleza y que bajo el punto de vista mineralógico tiene la misma ó mayor importancia que la caliza, se forman por muchos mineralogistas los grupos siguientes: 1.° cuarzo cristalizado; 2.° cuarzo compacto ó cuarcita; 3.° ágatas; 4.° pedernales; 5.° jaspes; 6.° ópalo ó cuarzo resinito, cuyas divisiones, ó mejor dicho los minerales incluidos en ellas, ofrecen los caractéres físicos de forma, estructura, dureza, color, peso específico, etc., tan diferentes unos de otros, que valiéndose solamente de ellos habria por necesidad que establecer con estas divisiones otras tantas especies minerales; y, sin embargo, todos los mineralogistas no forman mas que una sola, habiéndose fundado para ello en que la composicion química y todas las particularidades que dependen de esta, ó sean los fenómenos por la accion del fuego y de los líquidos, son enteramente análogos en los seis grupos citados.

Estos ejemplos y otros muchos que citan los partidarios exclusivos de los caractéres químicos, manifiestan hasta la evidencia la necesidad de basar en ellos el grupo esencial denominado especie. Sin embargo, así como Haüy y los de su escuela no desechan las propiedades químicas para establecer la especie, así tampoco la escuela química, no extremada, no echa en olvido el carácter geométrico, definiendo, por consecuencia, la especie del modo siguiente: «Reunion de individuos que constan de los mismos elementos y en iguales proporciones, y que presentan la misma forma en su molécula primitiva.» Comparando esta definicion con la de Haüy se ve que son idénticas, no habiendo mas diferencia que la de importancia ó supremacía concedida al carácter geométrico ó químico; para Haüy figura en primer término la forma regular, y en segundo la composicion química; en la escuela química estos términos están invertidos.

Finalmente, para terminar todo lo referente al grupo esencial la *especie*, indicaremos la opinion que profesa Delafosse respecto de esta cuestion tan trascendental. El célebre mineralogista francés supone que los átomos elementales ó primarios de las sustancias minerales se hallan combinados entre sí, formando de esta manera la primera molécula, que denomina molécula química, la cual ofrece un tipo y una forma perfectamente definidos; que estas moléculas químicas se unen por lo comun entre sí en número determinado, constituyendo así una segunda molécula compuesta, que designa con el nombre de molécula física. De estas consideraciones generales deduce Delafosse que las especies minerales pueden establecerse tomando como fundamentos esenciales dos principios diferentes, y, por consiguiente, que puede haber dos especies diversas: la primera puramente química, basada únicamente en la igualdad de composicion; la segunda físico-química, que designa con el nombre de especie mineralógica propiamente dicha; esta especie se halla constituida por la identidad de la molécula química, ó lo que es lo mismo, por la igualdad de naturaleza química é idéntica constitucion física. Segun el modo de ver del mineralogista Delafosse, la definicion mas exacta y precisa es la que hemos consignado primeramente, ó sea la admitida por Haüy y su escuela.

Como queda dicho, el célebre mineralogista Mohs es partidario exclusivo de los caractéres físicos é histórico-naturales para la formacion y descripcion de las especies; este clasificador no concede importancia á los caractéres químicos, puesto que segun él estas cualidades no deben considerarse como naturales á causa de que solo se manifiestan en el momento de ser destruidos los minerales y aun despues de la destruccion. Esta manera de ver es en realidad mas ingeniosa que verdadera, sin que por esto neguemos nosotros que Mohs llegó á formar, valiéndose únicamente de la forma regular, de la densidad y de la dureza, especies bien determinadas é idénticas á las que despues se han constituido por medio de la composicion y de la forma. Pero si tenemos en cuenta las ideas de Delafosse y otros mineralogistas modernos, veremos que Mohs relegando al olvido la composicion química, ha caido en la exageracion opuesta á los partidarios exclusivos de los caractéres químicos para la formacion de la especie.

El tipo molecular, que segun Delafosse, es el verdadero principio fundamental de la especie, es tan físico como químico, cuyo tipo podria apreciarse con toda exactitud y sin descomponerle, á la manera que se verifica con los tipos orgánicos, si nuestros sentidos estuvieran dotados de condiciones especiales para ello, ó bien dispusiéramos de aparatos á propósito para llegar á estudiar la molécula ó tipo molecular; pero como desgraciadamente carecemos de estos medios de observacion, claro está que ha sido preciso sustituirlos por medio de la análisis química. Por esta razon Mohs asimilaba la Mineralogía á la Zoología, y decia que así como el zoólogo llega á la determinacion de las especies sin destruirlas ni en todo ni en parte, y apreciando solo los caractéres que les son inherentes, el mineralogista puede seguir el mismo camino; pero esta asimilacion, como muy oportunamente estima Delafosse, no es posible ni exacta, puesto que muy bien puede el mineralogista separar una pequeñísima parte del mineral que desea analizar, sin que por esto se destruya ni cambie de propiedades histórico-naturales y químicas, ó mejor dicho, sin que sufra alteracion sensible el tipo molecular.

DIFICULTADES QUE RESULTAN PARA LA FORMACION DE LAS ESPECIES Á CAUSA DE LAS MEZCLAS DE LOS CUERPOS

Las mezclas, sean las que quieran, ocasionan constantemente grandes dificultades para la aplicacion de la regla general establecida en las especies. Estas pocas veces son puras, esto es, compuestas en toda su masa de la misma clase de moléculas, sino que suelen tener además partículas diferentes, dando por resultado una mezcla de partes distintas, y por consecuencia de especies diversas, supuesto que en la heterogeneidad de las moléculas es en donde se fundan realmente las especies. Si la mezcla de las moléculas se ha verificado de un modo puramente accidental, se encuentran en la masa total del mineral dos especies de moléculas diferentes: unas cristalizadas y completamente idénticas y unidas entre sí; otras, que en nada se semejan á las anteriores, se hallan solamente interpuestas en los intersticios ó mallas que ofrecen las primeras; las moléculas cristalinas que constituyen por su union un cuerpo cristalino, son casi siempre mas abundantes y forman la verdadera especie con la cual se relaciona la mezcla, figurando esta como una simple variedad cuyo nombre, diferente del de la verdadera especie, indicará la sustancia accidental; así, por ejemplo, los cristales romboédricos agudos de la llamada arenisca de Fontainebleau, no fueron en su orígen sino carbonato de cal disuelto en las aguas, cuyo carbonato, al pasar de soluble á insoluble por la evaporacion del ácido carbónico, se solidificó y aglutinó las arenas de los terrenos movedizos de la localidad citada; este mineral, pues, debe constituir una variedad, á lo sumo una sub-especie de caliza que algunos denominan cal carbonatada cuarcífera; en el mismo caso, se hallan las variedades de caliza designadas con el nombre de hidráulicas, llamadas así, porque si bien la parte esencial y predominante es el carbonato de cal, contienen además en el estado de mezcla cierta cantidad de arcilla. Por regla general, se establecerán las especies con aquellas moléculas que, ya sea por su cantidad, ya por otras circunstancias, impriman un carácter

esencial ó predominante en la sustancia mineralógica, y las variedades con aquellas otras que se encuentren en corto número, ó que no comuniquen caractéres importantes al cuerpo que se analiza. Existen, sin embargo, mezclas diferentes de las anteriores, supuesto que sus moléculas forman una parte esencial del todo cristalino ó de la forma regular que presenta el cuerpo; así, por ejemplo, el carbonato de cal, que cristaliza en romboedros de $105^{0} 5'$, se halla con frecuencia mezclado con el carbonato de magnesia, con el carbonato de manganeso, de hierro, etc., cuyas moléculas cristalinas forman parte esencial del carbonato de cal romboédrico: en este caso particular, se resuelve la cuestion como en el anterior siempre que el carbonato de cal predomine sobre los demás; y así se dirá: caliza magnesífera, manganesífera, ferrífera, etc. Puede todavía ocurrir otro caso, cual es: que las mezclas de los cuerpos isomorfos se verifiquen en toda clase de proporciones y en relaciones sencillas así como en relaciones las mas complicadas: v. gr., el carbonato de cal puede cristalizar en union con el carbonato de magnesia en toda clase de proporciones iguales. Si se designan por B, las moléculas del carbonato de cal, por C, las del carbonato de magnesia, y por r y s, los números enteros que indican las proporciones relativas de las dos clases de moléculas, se podrá expresar la serie completa de todas las mezclas factibles entre los dos carbonatos citados, y suponiendo siempre r, mayor que s, del modo siguiente:

$$B .... rB. + sC..... B + C.... sB + rC....C$$

Examinando esta serie de términos mezclados se verá que oscilan, podemos decir así, en sus extremos B y C, ofreciendo dos límites que representan especies químicamente puras ó especies simples; así como los términos medios ó las variedades de mezcla ofrecen tambien un límite comun, ó sea un término medio de composicion sencilla, tal es, el término B + C. Cuando r sea mucho mayor que s, esto es, cuando el término de la serie que representa la mezcla se aproxime á B ó C, podrá aplicarse fácilmente la regla general establecida.

ESPECIES MIXTAS, DENOMINADAS TAMBIEN MESTIZOS MINERALES

En los cuerpos llamados isomorfos, puede ocurrir que las dos clases de moléculas B y C cristalicen en partes exactamente iguales, originando de esta manera el término medio B + C. Puede suceder tambien que ciertas moléculas tengan tendencia á reemplazarse mutuamente, como se observa en el caso particular de dos sales, cuyas disoluciones se hayan verificado en proporciones iguales y que tengan el mismo grado de solubilidad; en este ejemplo especial, las moléculas de las dos sales constituirán al cristalizar, mediante la evaporacion del líquido en que estén disueltas, un todo mixto, ó sea una mezcla simple y uniforme y con todos los caractéres de un compuesto definido: la dolomia ó caliza lenta ofrece uno de los mas bellos ejemplos de estas mezclas naturales en proporciones idénticas; otro tanto se observa en el doble carbonato de magnesia y de hierro, al que Breithaupt llama *pistomesita*. Los mineralogistas resuelven la cuestion en estos casos particulares diciendo: que existen individuos mixtos ó que pertenecen al grupo de las especies denominadas *mestizas;* de donde se deduce inmediatamente que en el reino inorgánico hay necesidad de admitir dos especies diferentes; á saber, especies simples ó sean aquellas que están constituidas de moléculas exactamente iguales, y especies mixtas ó las que representan los híbridos ó mestizos del reino inorgánico, á semejanza de los que se admiten en el orgánico; las primeras, teniendo en cuenta su composicion, pudieran denominarse monoméricas, esto es, compuestas de una sola clase de moléculas, y las segundas poliméricas ó formadas de moléculas diferentes, siendo el carácter esencial de unas y de otras su composicion fija y bien determinada.

Además de estas dificultades, suelen ocurrir en la práctica otras mayores debidas á las mezclas íntimas, pero en cantidades variables, de cuerpos isomorfos que casi siempre existen reunidos en un mismo individuo; tal es lo que se observa especialmente en los granates, piróxenos y anfiboles; así, por ejemplo, en los granates, minerales compuestos de ácido silícico y de dos bases de las cuales una es un protóxido y otra un sesquióxido, se observa que los hay que constan de cal y de alumina, otros de cal y de sesquióxido de hierro, algunos de protóxido de hierro y alumina etc., estando todas estas especies tan íntimamente unidas y mezcladas entre sí en la mayor parte de los casos, que es muy difícil saber á cuál de ellas debe referirse un individuo dado. Teniendo en cuenta estos inconvenientes, los mineralogistas modernos han formado una sola especie con el grupo ó género granate de los antiguos, constituyendo, sin embargo, sub-especies ó variedades principales que las distinguen entre sí por sus diversas coloraciones ó por algun otro carácter físico. El mismo procedimiento han seguido en el grupo de los anfiboles y piróxenos, creando en el primero la especie anfibol particularmente dicha, y subdividiéndola despues en las sub-especies anfibol blanco, verde y negro; y en el segundo han formado tambien la especie piróxeno con las sub-especies piróxeno diópsido, dialaga, hedebergita, aujita ó aujito é hiperstena.

VARIEDADES MINERALÓGICAS.—En el reino inorgánico, del mismo modo que en el orgánico, se establecen divisiones inferiores á la especie, cuales son las variedades. La variedad mineralógica es mas susceptible de modificaciones y ofrece desde luego mas interés que la botánica y la zoológica; por regla general, esta division se funda esencialmente en el carácter de la estructura regular y mas especialmente en la irregular; así, por ejemplo, en la caliza ó carbonato de cal romboédrico, se forman las variedades laminares, sacaroidéas, fibrosas, concrecionadas, compactas, terrosas, etc.; lo mismo se hace con el yeso ó sulfato de cal hidratado, que se divide en variedades hojosas, fibrosas, sacaroidéas, compactas, terrosas, etc. Estas divisiones suelen establecerse tambien tomando como base los caractéres de color, refraccion, dureza, tenacidad, etc., etc.

GÉNERO MINERALÓGICO.—La reunion ó coleccion de especies afines ó semejantes constituye el grupo mineralógico designado con el nombre de *género*. Para la formacion de géneros, se han seguido, como en las especies, dos caminos distintos, ideado uno por Haüy y otro por Beudant ó su escuela. El primero de estos mineralogistas dice que el género debe estar constituido por especies mas ó menos afines y que al propio tiempo tengan de comun el mismo principio ó cuerpo electro-positivo, el cual representa el género, así como la especie resulta del principio ó cuerpo electro-negativo que se combina con el positivo; así, por ejemplo, Haüy forma el género llamado cal ú óxido de calcio; este género comprende entre otras especies las siguientes: cal carbonatada, ó sea la union de la cal con el ácido carbónico; cal sulfatada, compuesta del mismo óxido de calcio y el ácido sulfúrico; cal fosfatada, especie que, como indica su nombre, se halla constituida por el referido óxido y el ácido fosfórico; en estos ejemplos se ve que el nombre genérico está tomado de la base ó cuerpo electro-positivo, y los específicos de los electro-negativos ácido carbónico, sulfúrico y fosfórico. Este

mismo procedimiento sigue el mineralogista francés para constituir todos los géneros mineralógicos: así dice género plata, que comprende las especies plata sulfurada, plata clorurada, plata bromurada, plata yodurada, etc.; otro tanto sucede con el plomo en cuyo género formó Haüy las especies plomo sulfurado, plomo carbonatado, plomo sulfatado, plomo fosfatado, etc., cuyas especies se componen respectivamente de plomo y azufre, de óxido de plomo y ácido sulfúrico, de óxido de plomo y ácido carbónico, del referido óxido y de ácido fosfórico.

Berzelius, Beudant y los partidarios de la escuela química han adoptado en la formacion del género un camino diametralmente opuesto al de Haüy, es decir, que constituyen el género reuniendo las especies semejantes cuyo principio ó cuerpo electro-negativo es comun á todas ellas; así, por ejemplo, forman el género *sulfuro* con todas las especies compuestas del cuerpo simple llamado azufre, resultando así el sulfuro de plata, sulfuro de mercurio, sulfuro de cobre, sulfuro de hierro, de plomo, etc.; el género *carbonato*, con las especies carbonato de cal, de barita, de estronciana, de hierro, de zinc, etc.; el género *nitrato*, con sus especies nitrato de potasa, de sosa, de cal, etc., y siguiendo este mismo procedimiento con todas las demás especies, constituyen los diversos géneros que se encuentran en las clasificaciones de los autores citados.

La mayor parte de los mineralogistas modernos dan tambien la preferencia para la formacion del género al principio mineralizador ó cuerpo electro-negativo; esta importancia no solo está confirmada por la teoría del isomorfismo, sino porque en general las especies agrupadas por el cuerpo electronegativo, ofrecen mayor número de semejanzas y analogías, que las reunidas mediante el principio electro-positivo. Sin embargo, Brongniart, Kobel y algun otro adoptan un sistema mixto; así que en unos casos reunen las especies en géneros, teniendo presente el principio electro-positivo, y en otros el cuerpo ó principio electro-negativo; así, por ejemplo, en las tierras y piedras particularmente dichas constituyen el género siguiendo el camino de Beudant, es decir, que admiten los géneros carbonato, sulfato, nitrato, fosfato, etc.; por el contrario, en los metales particularmente dichos aceptan el procedimiento de Haüy, esto es, forman los géneros teniendo presente el principio electro-positivo; v. gr., el cobre, mercurio, plata, etc., constituyen otros tantos géneros formados por todas las especies del metal respectivo; v. gr., cobre sulfurado, cobre oxidado, cobre clorurado, cobre carbonatado, etc., etc.

Delafosse, separándose algun tanto de la marcha seguida por los mineralogistas citados, dice que pueden existir tres géneros diferentes, á saber: género químico, género físico ó cristalográfico, y género físico-químico ó mineralógico.

Las especies minerales, segun este autor, ofrecen dos caractéres fundamentales, que son: uno químico y otro geométrico; de donde se deduce la posibilidad de establecer dos y aun si se quiere tres géneros distintos, segun que las especies que se agrupan presenten analogías en su composicion química, en su forma cristalina, ó en estos dos caractéres. A su vez, estos tres géneros pueden estar unidos, aunque subordinados unos á otros, distinguiéndose con los nombres respectivos de órden, de tribu y de género propiamente dicho, cuyos grupos representan otras tantas gradaciones mediante las cuales se desciende de la clase ó division primordial hasta la especie, como sucede en la Zoología y Botánica. Así, por ejemplo, el género químico se formará con la reunion de especies que tienen un principio electro-negativo comun; v. gr., género sulfato, género carbonato, etc.; cuyas especies constarán respectivamente todas ellas de ácido sulfúrico ó de ácido carbónico; el género físico ó cristalográfico se formará á su vez con las especies que cristalizan en el mismo sistema, v. gr., género de minerales cúbicos, romboédricos, ortorómbicos, clinorómbicos, etc.; el género químico-físico estará constituido por la reunion de especies que no solo tengan de comun el principio electro-negativo, sino tambien la misma forma cristalina, ó lo que es igual, los géneros constituidos por la reunion de especies isomorfas. Segun el mismo Delafosse, el género químico y cristalográfico pueden existir reunidos, estando, no obstante, subordinado el último al primero; Brelasdort, G. Rose y otros creen, por el contrario, que el carácter químico debe subordinarse al carácter cristalográfico; pero nosotros, siguiendo en un todo á Delafosse, concederemos mas importancia al primero de estos caractéres, puesto que, como hemos dicho en repetidas ocasiones, es mas constante que el segundo; así, por ejemplo, diremos género carbonato, que subdividiremos en especies cúbicas, romboédricas, ortorómbicas, etc., y no género romboédrico, que seria preciso dividir en carbonatos, sulfatos, nitratos, fosfatos, etc.

FAMILIA MINERALÓGICA.—Queriendo el célebre mineralogista francés Beudant, asimilar en lo posible las divisiones y nomenclatura mineralógica con los grupos y lenguaje botánico y zoológico, creó la familia mineralógica; para ello tuvo en cuenta la naturaleza química de los cuerpos, y tomó como fundamento de cada una de las familias un elemento químico ó cuerpo simple, pero sin fijarse en que este sea positivo ó negativo y sí solamente en que forme parte ó entre en la constitucion de todas las especies que se reunen en el indicado grupo, ó sea en la familia. Así, por ejemplo, el azufre, cuerpo simple, además de presentarse aislado en la naturaleza, se encuentra unido con el oxígeno, formando el ácido sulfuroso; combinado con el hidrógeno forma el hidrógeno sulfurado, así como con los metales constituye la multitud de sulfuros metálicos que se conocen; á su vez el ácido sulfúrico, compuesto de azufre y de oxígeno, se une con las bases para formar los cuerpos denominados sulfatos; ahora bien, todos estos compuestos citados constituyen la familia llamada *sulfúridos de Beudant*, puesto que en todos ellos se encuentra el azufre; á su vez el carbono, cuerpo simple, y que tambien se halla puro en la naturaleza, se une con el oxígeno y forma el óxido y ácido carbónico; combinado con el hidrógeno, los hidrógenos protocarbonado y bicarbonado; el ácido carbónico con los óxidos básicos ó metálicos forma el gran número de carbonatos que existen en la corteza terrestre; todos estos compuestos en los cuales entra el carbono, forman, segun Beudant, la familia que se designa con el nombre de *carbónidos;* y procediendo de una manera análoga con todos los demás cuerpos mineralizadores, llegó á constituir las diversas familias mineralógicas (1).

Estos grupos en realidad son tan arbitrarios como la mayor parte de los géneros constituidos por Haüy que, como sabemos, reunió las especies teniendo en cuenta el principio electro-positivo comun en todas ellas; así, este célebre mineralogista agrupa en el género hierro las especies hierro nativo, hierro oxidado, hierro sulfurado, hierro carbonatado, hierro fosfatado, etc., grupo sumamente artificial, supuesto que comprende minerales que no presentan analogías entre sí, siendo unos cuerpos elementales, otros binarios, varios ternarios y algunos cuaternarios ó de composicion variable; en el mismo caso se hallan la mayor parte de las familias instituidas por Beudant; así, por ejemplo, la familia carbónidos comprende el carbono puro, ó sean el diamante y grafito, el ácido carbónico, la nafta, petróleo, hidrógenos carbonados y el gran género de los carbonatos, cuyos minerales no solo di-

(1) Véase su clasificacion.

fieren en sus propiedades físicas, sino tambien en que son unos simples, otros binarios y otros ternarios; lo mismo puede decirse de la familia sulfúridos, puesto que abraza el azufre nativo, el hidrógeno sulfurado, los diversos sulfuros sencillos ó compuestos y los sulfatos, cuerpos muy heterogénos unos de otros.

Por último, Beudant y otros varios mineralogistas han asociado las familias ó géneros que presentan grandes analogías en sus propiedades físicas y mas particularmente químicas, y han formado de esta manera los órdenes y las clases. Pero como estas afinidades nunca son tan grandes como las que ofrecen las familias ó géneros botánicos y zoológicos, claro está que no será fácil ni mucho menos formar en Mineralogía grupos ó divisiones primordiales que puedan á su vez subdividirse en otras inferiores á la manera que se ha hecho en los otros ramos de la Historia natural.

CLASIFICACIONES MINERALOGICAS MAS IMPORTANTES

No corresponde á un tratado de esta índole hacer un estudio ó trazar una historia, ni aun abreviada, de las numerosas clasificaciones que se han ido conociendo sucesivamente en la ciencia mineralógica, la mayor parte de las que se han relegado al olvido y no han sobrevivido á los autores que las habian propuesto (1). Sin embargo, dada la altura en que hoy se encuentra la Mineralogía y las diversas fases por que ha atravesado desde últimos del siglo XVIII hasta la época actual, no podemos prescindir del exámen de aquellos sistemas mas notables y que han formado época en la ciencia.

Todos los sistemas mineralógicos conocidos están basados ó en propiedades físicas, ó en propiedades químicas, ó en cualidades físico-químicas; de aquí se infiere que pueden admitirse tres grupos de sistemas distintos, á saber: 1.° sistemas físicos ó histórico-naturales, 2.° sistemas químicos; y 3.° sistemas físico-químicos. Pueden dividirse tambien en sistemas ó clasificaciones directas y en sistemas ó clasificaciones derivadas, no siendo estas últimas mas que métodos que están fundados en las clasificaciones directas.

Sistemas directos ó primordiales.—Pueden reducirse á los tres siguientes: 1.° sistema de Werner, clasificacion físico-química; 2.° de Berzelius, clasificacion esencialmente química; 3.° de Mohs ó histórico-natural.

Sistema de Werner.—Este célebre aleman, que como se ha dicho sacó á la ciencia del caos y confusion que tenia hasta su época, publicó el año 1792 su sistema mineralógico, habiendo aparecido el último en Freyberg y Viena el año 1817. Comprende este sistema cuatro clases, divididas cada una de ellas en géneros, y estos á su vez en especies. Los nombres de las clases son los siguientes:

1.° Tierras y piedras.
2.° Sales.
3.° Combustibles.
4.° Metales.

Estas clases, como se ha manifestado, están fundadas en caractéres físicos y químicos; cada una de estas divisiones comprende diversos géneros representados por un álcali, una tierra alcalina, una sal, un combustible ó un metal; por último, los géneros se hallan formados por especies afines. Estas están basadas en las propiedades químicas ó sea en la composicion, recibiendo cada una de ellas un nombre vulgar, sea unívoco ó compuesto. Si bien es cierto que los grupos establecidos por Werner no son tan afines y naturales como los que despues se han formado por otros mineralogistas, no puede negarse que su sistema es el mas metódico y científico de todos los que se habian publicado antes de 1817. En el cuadro siguiente se puede ver el mecanismo de la clasificacion de Werner.

CLASIFICACION DE WERNER

	CLASES	GÉNEROS	ESPECIES PRINCIPALES
Insípidos, insolubles en el agua é irreductibles á metal por la accion del calor	1.ª Tierras y piedras.	Diamante...	Diamante
		Zircon......	Zircon
		Silicio......	Granates, rubí, chorlo, cuarzo, ceolitas
		Arcilloso....	Feldespato, micas
		Magnésico...	Talco, esteatita
		Calizo......	Creta, fluorina
		Barítico.....	Witherita
		Estroncianico	Celestina
Sápidos, solubles en el agua é incombustibles.	2.ª Sales..	Sulfato......	Vitriolo, alumbre
		Nitrato......	Nitro
		Muriato.....	Sal comun
		Carbonato...	Alcali mineral
Insípidos, insolubles en el agua é inflamables á temperaturas mas ó menos elevadas en contacto del aire.	3.ª Combustibles.	Azufre......	Azufre
		Betunes.....	Ulla, succino
		Grafito......	Grafito
Insolubles en el agua y reductibles á metal por la accion del calor.	4.ª Metales	Platino.....	Platino
		Oro........	Oro
		Plata.......	Plata nativa
		Mercurio....	Cinabrio
		Plomo.....	Galena
		Cobre......	Cobre gris
		Hierro.....	Pirita
		Estaño.....	Casiterita
		Bismuto....	Bismuto nativo
		Zinc, etc....	Blenda

En general, puede decirse que á pesar del carácter químico que ofrece esta clasificacion, no debe negarse que Werner se valió muchas veces de los caractéres exteriores, por lo que cometió graves errores debidos en su inmensa mayoría á la preferencia que concede á estos caractéres sobre todos los demás.

Clasificacion de Berzelius.—Este célebre químico ha establecido dos clasificaciones, pudiendo ser consideradas tanto una como otra, como verdaderos tipos de donde se derivan todos los demás sistemas, que toman como base esencial los caractéres químicos para la constitucion de grupos. En la primera de estas clasificaciones, en que las especies se hallan agrupadas segun el principio electro-positivo, se encuentran los minerales formando dos grupos ó clases diferentes, á saber: 1.° minerales constituidos segun el principio de la composicion inorgánica; 2.° minerales ó sustancias inorgánicas formadas segun el principio de la composicion orgánica, ó que no son mas que restos de plantas ó de animales. Cada uno de estos grupos se subdivide en órdenes, familias ó géneros, como se nota en la siguiente tabla:

(1) Véase la Introduccion.

CLASIFICACION DE BERZELIUS

MINERALES

	CLASES	ÓRDENES	FAMILIAS
Formados segun los principios de la composicion inorgánica.	1.ª Minerales inorgánicos.	1.° Metaloides.	Oxígeno,—azufre,—cloro Nitrógeno,—carbono Boro,—hidrógeno
		2.° Metales electro-negativos.	Arsénico,—cromo,—molibdeno,—antimonio Titano,—silicio
		3.° Metales electro-positivos.	Iridio,—platino Oro,—mercurio Plata,—bismuto Estaño,—plomo Cobre,—níquel Cobalto,—zinc Hierro,—manganeso,-aluminio Calcio,—estroncio Bario,—litio Sodio,—potasio

		GÉNEROS	ESPECIES
Formados segun los principios de la composicion orgánica, no siendo mas que restos de vegetales y animales.	2.ª Minerales de composicion orgánica.	Sustancias orgánicas poco alteradas.	Turba,—lignito
		Resinas fósiles.	Succino
		Betunes líquidos.	Nafta,—petróleo
		Betunes sólidos.	Asfalto
		Carbones fósiles.	Ulla,—antracita
		Sales fósiles.	Melita

Berzelius, en su segunda clasificacion (1828 á 1847), fundada como la anterior en los caractéres químicos, reune las especies atendiendo, no al principio electro-positivo, sino al negativo. Divide tambian los cuerpos inorgánicos en dos grandes grupos, á saber: 1.° minerales ó sustancias inorgánicas: 2.° minerales de origen orgánico. El primer grupo ó clase le subdivide en dos secciones que son: 1.ª cuerpos no oxidados; 2.ª cuerpos oxidados. A su vez, la primera seccion la subdivide en los ocho géneros siguientes:

1.° cuerpos nativos ó no combinados; 2.° sulfuros; 3.° arseniuros; 4.° antimoniuros; 5.° telururos; 6.° osmiuros; 7.° aururos; 8.° hidrarguros.

La segunda seccion, ó sea la de los cuerpos oxidados, comprende dos secciones: 1.ª la de los óxidos metálicos ú óxidos esencialmente básicos; 2.ª la de los óxidos metálicos que en ciertos casos hacen las veces de ácidos, y los ácidos propiamente dichos; en esta última seccion, se hallan incluidos los cuerpos siguientes: agua é hidratos; alumina y aluminatos; sílice y silicatos; óxido de titano y titanatos; óxido tantálico y tantalatos; óxido tungstico y tungstatos; óxido molibdico y molibdatos; óxido crómico y cromatos; ácido bórico y boratos; ácido carbónico y carbonatos; sulfúrico y sulfatos; nítrico y nitratos; fosfórico y fosfatos; arsénico y arseniatos.

Esta clasificacion ofrece varios inconvenientes y no menores defectos, siendo entre otros los mas esenciales los siguientes: 1.° que en un mismo grupo se hallan confundidos cuerpos gaseosos y sólidos; 2.° las sales particularmente dichas se encuentran mezcladas con las piedras, así como estas con los metales; 3.° que en esta clasificacion desaparecen por completo los verdaderos principios mineralógicos, puesto que en ella no domina mas que un fundamento, cual es, el carácter químico. Por fortuna, son muy poco los mineralogistas que han seguido la marcha de Berzelius, hasta el punto que si se exceptuan Beudant, Hausmann, Brocke y Miller, los demás siguen un procedimiento ecléctico á semejanza de lo que hizo Werner.

SISTEMA DE MOHS.—El célebre mineralogista Mohs, sucesor de Werner en la cátedra de Freyberg, fundó su clasificacion en la forma regular, densidad, dureza, sabor y olor de las sustancias inorgánicas, siendo, por lo tanto, el prototipo de las clasificaciones histórico-naturales. Mohs agrupa y divide los cuerpos inorgánicos en tres clases; cada una de estas comprende varios órdenes, así como estos abrazan diversas especies, tal como se ve en la tabla siguiente:

	CLASES	ÓRDENES	ESPECIES PRINCIPALES
Sápidos en estado sólido; inodoros ó sin olor bituminoso y de peso específico inferior á 1,8.	1.ª clase	Gases.	Acido sulfuroso
		Agua.	Agua
		Acidos.	Acido bórico
		Sales.	Sal de Calatayud
Insípidos é inodoros y de peso específico superior á 1,8.	2.ª clase	Haloideo.	Yeso
		Barita.	Baritina
		Cloruro.	Querarjira
		Malaquita.	Malaquita
		Espato.	Ortosa
		Mica.	Mica
		Gemma.	Esmeralda
		Metal.	Plata, cobre, etc.
		Blenda.	Blenda
		Pirita.	Pirita cobriza
		Galena.	Galena
		Azufre.	Azufre
Con olor bituminoso cuando se presentan ó se trasforman en líquidos; inodoros en el estado sólido, y de peso específico inferior á 1,8.	3.ª clase	Resinas.	Asfalto, Succino
		Carbones.	Ulla, Antracita

Las clases de este sistema están fundadas, como se nota en el cuadro, en la densidad, sabor y olor; los órdenes se

forman atendiendo á la misma densidad, dureza y algunos otros caractéres puramente físicos ó exteriores; el nombre de cada uno de los órdenes está tomado de la especie que sirve de tipo, ó bien de una cualidad particular; así por ejemplo, el órden gemma tiene por fundamento el diamante; el denominado pirita, comprende la pirita de hierro y otras especies afines; el órden barita está basado en la baritina ó espato pesado, y comprende no solo piedras particularmente dichas, sino sustancias metálicas afines con la baritina en los caractéres de densidad relativa, brillo, dureza, etc. Por lo demás, la primera clase del método de Mohs equivale á la de las sales de Werner, sin otra diferencia entre ellas que en la primera de estos autores se estudian el agua, los gases y los ácidos. La tercera clase es idéntica á la de los combustibles del mismo Werner, pero se distingue, no obstante, en que el grafito y azufre se incluyen por Mohs en su segunda clase; por último, esta segunda clase corresponde á la primera y cuarta de Werner, ó sean á las denominadas por este autor tierras y piedras y metales.

El mayor defecto que ofrece la clasificacion de Mohs consiste en que se encuentran agrupadas en una sola clase casi todas las especies minerales; en efecto, examinando el cuadro, se ve que la primera y tercera clases no contienen arriba de unas veinte especies, correspondiendo las demás á la segunda, en la que se hallan comprendidas todas las sustancias pétreas y metálicas. A pesar de los defectos señalados, y de algunos otros menos notables, Mohs ha demostrado que el mineralogista puede, sin necesidad de recurrir á las propiedades químicas, reunir los cuerpos inorgánicos en grupos afines y bien determinados; así, las especies formadas por el mineralogista aleman son muy análogas á las que despues se han constituido teniendo presente la composicion química y la forma regular.

Algunos mineralogistas alemanes, y entre otros Breithaupt y Haidinguer, siguen en un todo el camino trazado por Mohs; así, por ejemplo, Haidinguer divide el reino mineral en tres clases, á saber: 1.ª minerales acrogenidos; 2.ª geogenidos y 3.ª fitogenidos; cada una de estas clases se divide en órdenes; los órdenes, en géneros y estos en especies. Los géneros ofrecen un carácter compuesto fundado en los tres caractéres físicos esenciales, cuales son: la forma regular, la densidad y la dureza; el primero se halla determinado de un modo general por la sola indicacion del sistema cristalino; y los otros caractéres mediante dos nombres limitados entre los que está comprendido el verdadero valor. La especie se funda en los caractéres referidos de forma, densidad y dureza, pero señalados en este caso de una manera exacta y precisa.

MÉTODOS DERIVADOS

Todos estos métodos, como se ha dicho, tienen por fundamento los sistemas directos de Werner, Berzelius y Mohs. No es aquí tampoco donde debemos trazar una historia detallada de todas las clasificaciones derivadas, puesto que no escribimos una obra didáctica, correspondiendo, por lo tanto, su estudio á los tratados puramente científicos. Nosotros solo analizaremos aquellos métodos que han causado una verdadera revolucion en la Mineralogía y que han contribuido al estado de adelanto y perfeccionamiento que alcanza en la actualidad. Por este concepto, estimamos oportuno dar una idea general de las clasificaciones de Haüy, Beudant, Leymerie y Delafosse.

Sistema de Hauy.—Puede considerarse como un método derivado del de Werner, siendo en realidad un sistema químico que tiene por fundamento las bases ó principio electro-positivo. Haüy ha publicado dos clasificaciones; una que imperó desde el año 1801 hasta 1822, y la otra, en este último año; la primera es muy análoga á la de Werner, puesto que el mineralogista francés acepta las cuatro clases siguientes: 1.ª sustancias acidíferas; 2.ª sustancias térreas; 3.ª sustancias combustibles no metálicas y 4.ª sustancias metálicas. Desde el año 1801 hasta el 22, en que dió á luz su segunda clasificacion, la Química habia hecho grandes progresos debidos á las observaciones de Berzelius, Gay-Lussac, Thenard, Davy, etc., de cuyos adelantamientos se valió Haüy para introducir en su primera clasificacion modificaciones bastante importantes; su último sistema descansa esencialmente, como se ha indicado, en el carácter químico, pero sin desechar, ni mucho menos, el estudio de la forma y la estructura regular, cuyas propiedades le sirvieron para la constitucion de las especies. En el cuadro siguiente puede verse la clasificacion de este célebre mineralogista:

CLASIFICACION DE HAUY

MINERALES	CLASES	
Que presentan los caractéres químicos de los ácidos, libres en la naturaleza y compuestos de oxígeno ó hidrógeno unidos á un cuerpo metaloide.	1.ª Acidos libres.	
Que no presentan brillo metálico, y que solo se reducen á metal por la accion de la pila.	2.ª Metales heterópsidos	Apéndice, sílice y silicatos.
Que por lo general tienen brillo metálico, y reductibles á metal por la accion del calor.	3.ª Metales autópsidos.	
De base no metálica, que arden y pierden de peso por la combustion.	4.ª Combustibles no metálicos.	Apéndice, sustancias fitógenas (1).

La primera clase ó sea la de ácidos libres no comprendia mas que dos especies, á saber: el ácido bórico y el sulfúrico, habiéndose despues agregado por los mineralogistas los ácidos sulfuroso, carbónico, hidroclórico é hidrosulfúrico. En la segunda y tercera, así como en el apéndice sílice y silicatos, se constituyen los géneros reuniendo las especies que tienen el mismo principio electro-positivo; así, por ejemplo, Haüy forma su género cal con todas las especies que están compuestas de esta base, la cual puede estar combinada con diversos principios electro-negativos; así, por ejemplo, existen la cal carbonatada, cal sulfatada y cal fluatada; otro tanto hizo con la barita ú óxido de bario, género compuesto de las especies designadas con los nombres de barita carbonatada, barita sulfatada, barita nitratada, etc. Igual procedimiento sigue en los metales, en los que forma el género atendiendo al metal ó al óxido metálico y la especie al cuerpo electro-negativo simple ó compuesto que respectivamente se combinan con el primero ó con el segundo: v. gr., género hierro, que comprende las especies hierro sulfurado, hierro oxidado, hierro carbonatado, etc.; género plomo, formado de las especies plomo sulfurado, plomo carbonatado, plomo sulfatado, y así sucesivamente con todos los demás cuerpos electro-positivos.

(1) Además agrega otro apéndice en el cual coloca por órden alfabético los minerales que no pudo incluir en los grupos anteriores.

En la cuarta clase, ó sea la de los combustibles no metálicos, la divide dicho naturalista solamente en especies, siendo las mas comunes y principales, el azufre, succino, diamante, carbon de piedra y antracita.

A pesar de la claridad y precision que reina, por lo general, en la segunda clasificacion de Haüy, no deja, sin embargo, de ofrecer defectos é inconvenientes en la práctica. Es verdad que es fácil agrupar las sustancias mineralógicas en grandes secciones; pero la division en géneros y especies de estas secciones está á cada paso erizada de dificultades, hasta el punto que cualquiera que sea el camino que se elija se tropieza á cada momento, sobre todo en los silicatos, con grandes anomalías y excepciones que no es posible vencer en la práctica. Por otra parte, su primera clase tiene el defecto de ser muy limitada, puesto que no abraza mas que dos especies y una de ellas (ácido sulfúrico), sin ningun interés mineralógico. Los nombres de heterópsidos y autópsidos, deben desecharse por completo, supuesto que varios de los minerales incluidos por Haüy en la última de estas secciones ofrecen aspecto lapídeo mas bien que metálico: tal es lo que se observa en la variedad compacta de carbonato de plomo que teniendo en cuenta su lustre y aspecto debia figurar, no en los autópsidos, que es donde la coloca Haüy, sino en los heterópsidos; en el mismo caso se halla el carbonato de hierro ó siderosa, cuya especie ofrece todos los caractéres de una sustancia lapídea.

Finalmente, como se dijo al hablar de las clasificaciones en general, los géneros establecidos por Haüy se hallan constituidos por especies poco afines entre sí, á causa de que tomó por fundamento de aquellos el principio electro-positivo.

CLASIFICACION DE BEUDANT

(1826 á 1830). Este sistema, fundado segun los principios establecidos por Berzelius, puede considerarse, del mismo modo que el de este autor, como verdaderamente químico.

Comprende tres clases que se subdividen en familias, equivalentes en su mayor parte á los géneros formados por Haüy, familias basadas en el cuerpo ó principio mineralizador.

Hé aquí la clasificacion:

MINERALES		CLASES	FAMILIAS
De principio electro-negativo gaseoso á la presion y temperatura media de la atmósfera, ó que puede constituir combinaciones gaseosas uniéndose con oxígeno, hidrógeno ó fluor.		1.ª Gazolitos.	Silicidos, — boridos, — carbonidos, — sulfuridos, — selénidos, — teluridos, — cloridos, — bromidos, — yodidos, — fluoridos.
De principio electro-negativo no gaseoso, ni que form. combinaciones gaseosas cuando se une con oxígeno, hidrógeno ó fluor.	Sus disoluciones en los líquidos son incoloras.	2.ª Leucolitos.	Antimonidos, — bismutidos, — plumbidos, — argiridos, — hidrargiridos, etcétera.
	Sus disoluciones en los líquidos ofrecen diversas coloraciones segun las familias.	3.ª Croicolitos.	Manganidos, — sideridos, — auridos, — platinidos, — cupridos, — manganidos, — cobaltidos, etcétera.

Beudant, como hemos tenido ocasion de indicar repetidas veces, reune las especies teniendo presente el principio electro-negativo comun á todas ellas; así, por ejemplo, forma los géneros carbonato, sulfato, fosfato, sulfuro, cloruro, etc., con aquellas especies que tienen respectivamente comun el ácido carbónico, sulfúrico, fosfórico, ó bien el azufre ó cloro. Esta preferencia dada al cuerpo mineralizador ó principio electro-negativo, ofrece la ventaja de que si no en todos, en muchos de los casos, las especies reunidas en un género tienen mayores afinidades que las agrupadas por medio del cuerpo electro-positivo. Si, por ejemplo, estudiásemos las especies minerales comprendidas en el género cal, instituido por Haüy, y que abraza las especies cal carbonatada, cal fosfatada, cal sulfatada, cal fluatada, etc., veríamos que, si se hace abstraccion del óxido de calcio que forma parte de todas ellas, difieren por completo en los caractéres de forma regular, estructura, dureza y peso específico; por el contrario, si examinamos las especies carbonato de cal, carbonato de óxido de hierro, de óxido de zinc, de óxido de manganeso, etc., especies que corresponden al género carbonato de Beudant, observaremos que todas ellas ofrecen la misma forma cristalina, idénticas estructuras, dureza análoga y aun densidad algun tanto afine; otro tanto puede decirse de las especies incluidas en los géneros sulfato, sulfuro, cloruro, etc., del mismo autor. No obstante, en los géneros citados y en otros muchos se hallan comprendidas á su vez especies que difieren entre sí, no solo respecto al peso específico, dureza, estructura, sino en su forma regular, por lo que los grupos de Beudant no deben admitirse como realmente naturales.

El sistema de este mineralogista adolece tambien de algunos defectos, pudiendo enumerarse como mas importantes los siguientes: 1.° que estando reputado el oxígeno como el elemento mineralizador por excelencia, no ha formado con él un grupo de familia como lo verifica con los demás cuerpos que hacen las veces de electro-negativos; 2.° que la clase de los gazolitos, además de comprender casi todas las especies mineralógicas conocidas, tiene el inconveniente de abrazar en una misma familia cuerpos muy heterogéneos; tal es lo que, por ejemplo, sucede en los carbonidos, cuyo grupo está constituido por sustancias gaseosas, líquidas y sólidas, ó por cuerpos que no tienen entre sí grande semejanza; v. gr., el ácido carbónico, la nafta ó petróleo, el diamante y la caliza: 3.° que en las clases segunda y cuarta, ó sea en la de los leucolitos y croicolitos, no figuran todos los minerales metálicos, supuesto que los cloruros, arseniuros, sulfuros de base electro-positiva, ó mejor dicho metálica, se hallan comprendidos en la clase de los gazolitos.

M. Leymerie, catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Tolosa (Francia), ha publicado en el año de 1860 un sistema que designa con el nombre de *Método ecléctico ó werneriano*. Este notable mineralogista ha tomado la clasificacion de Werner como base fundamental de su sistema, pero teniendo al propio tiempo presente los adelantamientos efectuados en la ciencia desde principios de este siglo hasta la época en que dió á luz su clasificacion. Leymerie acepta, en primer término, lo que él designa con el nombre de tipo mineralógico, esto es, el mineral en su verdadero estado perfecto, y, por lo tanto, constituido de una sustancia pura y de la forma primitiva que le corresponde. La especie mineral, segun este autor, resulta del tipo mineralógico y de las variedades que tienen la misma composicion química y formas ó estructuras idénticas á las del tipo, ó bien que presenten la misma densidad relativa é igual dureza.

Partiendo, pues, de estas consideraciones, y tomando en cuenta todos los caractéres mineralógicos, dando, sin em-

bargo, en unos casos mas importancia á los químicos que á los físicos y viceversa, divide los minerales, á semejanza de Berzelius, en dos grandes grupos, á saber: 1.° inorgánicos ó minerales propiamente dichos; 2.° minerales orgánicos. El primer grupo lo subdivide en cuatro clases que son: 1.ª *gases;* 2.ª *halidos;* 3.ª *piedras;* 4.ª *metales.* En cada una de estas clases establece varios órdenes, así como estos los subdivide en familias ó géneros, fundándose unas veces en el carácter químico y otras en las propiedades físicas; los minerales orgánicos los subdivide desde luego en familias.

No consignamos aquí el cuadro de clasificacion de Leymerie, porque este método, algun tanto reformado, es el que adoptamos para agrupar y describir las especies minerales; y en su virtud, podrán estudiarse los grupos esenciales en el cuadro sinóptico que formaremos para dar á conocer nuestra clasificacion.

Vemos, pues, que Leymerie se separa bastante de los mineralogistas anteriores, supuesto que para la formacion de las clases, y mas especialmente para instituir los órdenes y familias, acepta una marcha ecléctica: crea desde luego la clase llamada *gases* que no se encuentra en ninguno de sus antecesores, si bien es cierto que Delafosse antes que él ya habia establecido el grupo que denominó subreino gaseoso ó atmosférico; la clase que Leymerie designa con el nombre de halidos, y que es idéntica á la de las sales de Werner, creemos que no debe aceptarse, porque de hacerlo así habria necesidad de admitir dos especies de sales diferentes, unas solubles en el agua á la temperatura ordinaria y otras insolubles. Estimamos tambien que la clase *piedras* del mineralogista tolosano, es demasiado extensa, supuesto que comprende mas de la mitad de las especies conocidas; creemos, no obstante, natural la division en familias ó géneros que establece en los dos órdenes de esta clase. Los metales de este autor equivalen á los mismos de Werner; finalmente, el grupo orgánico corresponde casi en totalidad á los combustibles de orígen orgánico de otros mineralogistas. Leymerie separa el diamante de los combustibles, y lo coloca al lado de las piedras finas, formando con todas estas una familia que denomina *gemas*, grupo que tambien admitiremos nosotros, porque creemos que dadas las particularidades que ofrece el diamante, debe figurar desde luego al lado de la esmeralda, zafiro, etc., y no unido con el grafito y el carbon de piedra (1).

CLASIFICACION DE DELAFOSSE

Este mineralogista publicó en 1860, un método que puede considerarse como esencialmente químico-físico. Empieza por dividir todos los cuerpos inorgánicos en dos grandes grupos que llama sub-reinos; en el primero, se hallan incluidas todas las sustancias gaseosas; en el segundo, se comprenden las sustancias terrestres ó minerales propiamente dichos, que á su vez los subdivide en tres clases; á saber, 1.° combustibles no metálicos ó sean los combustibles de Haüy; 2.° combustibles metálicos ó metales; y 3.° no combustibles ó piedras. Cada una de estas clases se halla dividida en órdenes fundados en el principio mineralizador; subdivididos á la vez en tribus, tomando por base de cada una el sistema cristalino. En el cuadro siguiente puede verse la clasificacion propuesta por Delafosse.

(1) Para ser consecuente Leymerie debiera incluir en el grupo de las piedras finas ó gemas al ópalo noble y girasol, á la turquesa y algun otro; pero sin duda ha tenido presente que los minerales citados carecen del lustre esencialmente vítreo y aun de la dureza de las verdaderas piedras finas; sin embargo, no comprendemos porqué no forma parte de las gemas el cuarzo morado ó cuarzo amatista.

CLASIFICACION DE DELAFOSSE

	SUB-REINOS	CLASES
El reino inorgánico se divide en	1.° *Atmosférico* que comprende todas las sustancias inorgánicas que se presentan gaseosas á la temperatura y presion media de la atmósfera.	Gases.
	2.° *Mineral*, que comprende de todas las sustancias que se presentan, por lo general, en estado sólido, rara vez líquido.	1.ª Combustibles no metálicos. 2.ª Combustibles metálicos ó metales. 3.ª No combustibles ó piedras.

En la primera clase, ó sea la de los gases, comprende el ácido carbónico, ácido sulfúrico, hidrógeno sulfurado, hidrógeno carbonado, agua en vapor, oxígeno, hidrógeno y algunos otros, cuyos gases, mineralógicamente considerados, apenas tienen importancia alguna. En la segunda ó combustibles, estudia el diamante y demás sustancias carbonosas (grafito, antracita, carbon de piedra, etc., el azufre, las resinas, succino, asfalto y retinita, etc. En la tercera, ó sea en la de los metales, los metales nativos, los metales mineralizados ó combinados con el azufre, selenio, teluro, etc., formando los sulfuros, seleniuros, telururos, etc. En la cuarta clase, comprende los óxidos terrosos, las combinaciones aloideas ó sean los cloruros, bromuros, fluoruros, etc., los compuestos ternarios, cuaternarios, etc., que se hallan constituidos por la union de una, dos ó mas bases con los ácidos carbónico, fosfórico, sulfúrico, silícico, etc., esto es, todas las sustancias verdaderamente lapídeas ó pétreas. Cada una de las divisiones indicadas, que, por lo general, equivalen á otros tantos órdenes, se subdivide en tribus que, como se ha dicho, están basadas en el sistema cristalino; por ejemplo, en el órden que denomina carbonatos, establece las tribus siguientes: 1.ª romboédricos, formada de las especies caliza, siderosa, dolomia, calamina, etc.; 2.ª rómbicos, compuesta del aragonito, estroncianita, witherita, etc.; 3.ª clinorómbicos, constituida por las especies natron, urao, malaquita, azurita, etc.; 4.ª cuadráticos, que comprende especies sin importancia mineralógica; 5.ª adelomorfos, formada con la misorina ó carbonato de cobre anhidro, con el carbonato de plata, de bismuto, etc. En el órden de los óxidos metálicos establece las siguientes tribus: 1.ª cúbicos, que comprende la ziguelina ó cobre rojo, el hierro magnético, el hierro imantado titanífero, etc.; 2.ª romboédricos, en la que están incluidos el hierro oligisto, la martita, el óxido crómico y alguna otra; 3.ª rómbicos, formada con las especies limonita, pirolusita, manganita, etc., 4.ª cuadráticos, constituida con las especies anatasa, rutilo, casiterita, Hausmanita, etc.; 3.ª clinorómbicos, y 6.ª adelomorfos, que comprenden especies de poco interés.

La índole de esta obra no permite en modo alguno dar mas amplitud á la clasificacion de Delafosse, la cual puede considerarse como una de las mas metódicas y razonadas entre las publicadas hasta la época actual. La especie, ó sea la unidad de medida de todos los sistemas, debe fundarse, segun este mineralogista, en la igualdad de composicion, en el isomorfismo y en el sistema cristalino idéntico de las sustancias que se reunen para constituirla.

MÉTODO QUE SE ADOPTA EN ESTA OBRA PARA AGRUPAR Y DESCRIBIR LOS MINERALES

Hecha la breve reseña que precede de los sistemas mas

importantes que se han establecido en Mineralogía; analizados con el posible detenimiento aquellos que en opinion de los hombres mas eminentes pueden ser considerados como verdaderos tipos de clasificacion y de los que, segun hemos indicado, se derivan todos los demás, natural y lógico seria que estudiáramos las especies minerales conforme á cualquiera de uno de estos sistemas, ya fuera partiendo de los sistemas directos de Werner, Berzelius y Mohs, ya de algunos de los derivados de estos. Pero como al hacer el exámen y crítica de cada uno de ellos, hemos indicado los defectos mas ó menos considerables que presentan, y como, por otra parte, hemos visto que, si bien es verdad que en las clasificaciones de Werner, Berzelius, Haüy, Mohs, Beudant, Leymerie, etc., existen divisiones primordiales y secundarias que abrazan grupos afines ó análogos, no es menos cierto tampoco, que hay otras formadas de minerales muy diversos entre sí, no podemos menos de deducir que en el reino mineral no es factible establecer grupos ó divisiones naturales que sean análogas á las que se han formado en el reino orgánico. Sin embargo, la mayoría de los mineralogistas, y aun el vulgo, admiten como esencialmente naturales los tres siguientes grupos: combustibles, piedras y metales particularmente dichos: casi todos están tambien conformes en basar la especie, grupo fundamental de las clasificaciones, en la composicion química y en la forma regular; y puede asegurarse que solo difieren en el modo de formar los géneros; tribus, familias, órdenes y clases. Así, por ejemplo, Berzelius, Beudant y algunos otros se valen, como se ha dicho, del principio mineralizador ó cuerpo electro-negativo; por el contrario, Haüy y los mineralogistas de su escuela fundan el género en el principio mineralizado ó cuerpo electro positivo; por último, hay otros autores, tales como Brongniart y Dufrenoy, que siguen un procedimiento mixto, esto es, que en las tierras y piedras echan mano para formar el género del cuerpo electro-negativo, así como del positivo en los metales. Este mismo procedimiento seguiremos nosotros, por mas que no se nos oculte que acaso fuera mas natural y científico reunir las especies atendiendo á la composicion, isomorfismo y sistema cristalino; pero como este camino requiere grandes conocimientos no solo de geometría sino de química, no le adoptaremos sino en aquellos casos de fácil aplicacion y que nos conduzcan al mismo tiempo á agrupar especies afines en todas ó en muchas de sus propiedades. Este procedimiento seguido constantemente por Delafosse ofrece el inconveniente, al menos en nuestra opinion, de que existen reunidas especies que si bien son afines por el isomorfismo y sistema cristalino, se diferencian extraordinariamente en los demás caractéres, rompiendo así las analogías de los séres inorgánicos; por ejemplo, el autor citado coloca en la tribu romboédrica, correspondiente al órden de los óxidos terrosos, la sílice anhidra ó cuarzo cristalizado, la alumina ó zafiro y el agua sólida, cuyas especies, si se exceptúan el isomorfismo y forma regular, no ofrecen analogías en los demás caractéres.

Fundados en todas las anteriores consideraciones, y tomando como base importante los principios emitidos por Werner, Berzelius, Mohs, Haüy, Leymerie y Delafosse, consignamos á continuacion el sistema mineralógico adoptado para agrupar y describir las especies minerales. Este sistema, á la manera del de Leymerie, es esencialmente ecléctico, puesto que no nos proponemos sino facilitar del mejor modo posible, el conocimiento de las sustancias mas importantes y de uso mas frecuente.

El reino mineral puede dividirse desde luego en dos grandes grupos ó sub-reinos: 1.° atmósferico ó gaseoso, en el que se estudian todos los cuerpos inorgánicos que se presentan gaseosos á la presion y temperatura ordinaria, y que no ofrecen los verdaderos atributos mineralógicos, á saber: la forma regular, la densidad relativa (1) y la dureza; 2.° sub-reino mineral, en donde se incluyen todas las sustancias inorgánicas terrestres sólidas, muy pocas líquidas, y que presentan los atributos esenciales indicados. Las especies que forman parte del primer sub-reino no tienen interés mineralógico de ningun género, correspondiendo su estudio á la Química de preferencia á la Mineralogía; por cuya razon solo haremos de ellas una ligera descripcion.

El sub-reino mineral ó minerales propiamente dichos, lo subdividiremos en tres clases que son: 1.ª tierras y piedras; 2.ª metales; 3.ª combustibles (2).

Las tierras y piedras reunen minerales sólidos que ofrecen aspecto vítreo, lapídeo ó terroso, incoloros en su estado de pureza, de peso específico representado, por lo general, por 2, 3 ó 4 veces mas que el agua destilada, é irreductibles á metal por la accion del calor. Esta clase la subdividimos en dos grupos ó sub-clases y un apéndice que denominamos gemas ó piedras finas, á saber: 1.ª tierras y piedras no silíceas, 2.ª tierras y piedras silíceas; las primeras están formadas por la combinacion del ácido carbónico, sulfúrico, fosfórico, nítrico, bórico, etc., ó bien por la union del cloro y del fluor con un metal alcalino ó alcalino térreo constituyendo los cloruros y fluoruros; las tierras y piedras silíceas están formadas por el ácido silícico, ó por este mismo ácido combinado con una ó mas bases dando origen á los cuerpos llamados silicatos; finalmente, el apéndice designado con el nombre de gemas ó piedras finas comprende minerales muy heterogéneos, supuesto que en él no solo se incluyen el diamante (carbono puro), el zafiro (sesquióxido de aluminio) y el rubí (aluminato de magnesia), sino la esmeralda, topacio, jacinto, granates, turmalina, cimofana, etc., minerales desmembrados del gran grupo silicatos, puesto que todos ellos constan de ácido silícico en combinacion con una ó mas bases segun las especies.

Es cierto que estos cuerpos difieren extraordinariamente en su composicion química y aun en su forma; pero no lo es menos tambien, que ofrecen grandes analogías en su aspecto, brillo, dureza y otras particularidades, hasta el punto de poder constituir con ellos un grupo bastante natural.

La clase de los metales comprende á su vez cuerpos sólidos, menos el mercurio ó azogue, por lo general de lustre metálico ó que pueden adquirirle por medio del frote, pulimento ú otros procedimientos, de colores propios, de peso específico, por lo comun superior á cuatro veces el agua destilada, y reductibles casi siempre á metal por la accion del fuego. Se halla constituida esta clase por los metales nativos ó por sus aleaciones y amalgamas; por cuerpos binarios que resultan de la combinacion de un metal cualquiera con alguno de los elementos metaloides ó principios simples mineralizadores; y por compuestos ternarios ó cuaternarios constituidos por los ácidos sulfúrico, carbónico, fosfórico, etc., combinados con óxidos metálicos, ó tambien por la union de un cuerpo simple metaloide con varios metales.

La clase combustibles reune minerales sólidos, algunos líquidos como la nafta y petróleo, que tienen la propiedad de arder en contacto del aire á temperaturas mas ó menos elevadas, que pierden de peso por la combustion, siendo la mayor parte ligeros, pues si se exceptúa el azufre y algun otro, los demás tienen una densidad análoga ó inferior á la del agua destilada.

En el cuadro siguiente, puede estudiarse la clasificacion que aceptamos para agrupar los cuerpos inorgánicos.

(1) Entiéndase con relacion al agua destilada.

(2) Estas clases son idénticas, salvas ligeras excepciones, á las creadas por Werner, Haüy, Leymerie y Delafosse.

CLASIFICACION ADOPTADA

EL REINO MINERAL SE DIVIDE EN

SUB-REINOS.		CLASES.	SUB-CLASES.	ESPECIES PRINCIPALES.
1.° *Atmosférico.* — Comprende todos los minerales gaseosos á la presion y temperatura ordinaria, y que no ofrecen los atributos esenciales de forma, densidad y dureza.		1.ª Gases.		Acido carbónico, —ácido sulfuroso.
2.° *Mineral.*—Comprende todos los cuerpos inorgánicos terrestres, sólidos, rara vez líquidos y que presentan los atributos esenciales de forma, densidad y dureza.	Sólidos, de aspecto vítreo, lapídeo ó terroso é irreductibles á metal (si le tienen) por la accion del calor.	2.ª Tierras y piedras..	1.ª Tierras y piedras no silíceas.	Caliza, yeso, fluorina, fosforita, etc.
			Apéndice — Gemas.	Diamante, esmeralda, zafiro, etc.
			2.ª Tierras y piedras silíceas.	Ortosa, serpentina, mica, etc.
	Sólidos, excepto el mercurio, por lo comun de lustre metálico y reductibles á metal por la accion del calor.	3.ª Metales.		Oro, plata, cobre, pirita de hierro, etc.
	Sólidos, excepto la nafta y petróleo, ligeros, inflamables y que pierden de peso por la combustion.	4.ª Combustibles.		Azufre, succino, carbon de piedra etc.

La clase de los gases comprende dos grupos: 1.° gases simples ó cuerpos elementales; 2.° gases compuestos, ó mezclas de ellos; en el primero de estos grupos estudiaremos el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno; en el segundo el aire, el agua en vapor, el hidrógeno carbonado ó gas de los pantanos, el ácido carbónico, el sulfuroso, el hidrosulfúrico y el hidroclórico, así como tambien el amoniaco.

En la sub-clase de las tierras y piedras no silíceas, que la subdividimos inmediatamente en géneros, formamos estos atendiendo al principio electro-negativo comun en varias especies, constituyendo á su vez estas con la base ó cuerpo electro-positivo; de modo que con todas aquellas especies que tienen por principio electro-negativo comun el ácido carbónico, sulfúrico, fosfórico, nítrico, bórico, cloro ó fluor, constituimos los géneros que á continuacion se expresan:

GÉNEROS	ESPECIES PRINCIPALES
CARBONATO..	Carbonato de cal, de barita, de estronciana, de cal y magnesia, de sosa, etc.
SULFATO..	Sulfato de cal, de barita, de estronciana, de sosa, de magnesia, de alumina y potasa, etc.
FOSFATO..	Fosfato de cal, de alumina y cobre, de alumina y magnesia, etc.
NITRATO..	Nitrato de potasa, de sosa, etc.
BORATO.	Borato de magnesia, de sosa, etc.
CLORURO.	Cloruro de sodio, cloruro amónico.
FLUORURO.	Fluoruro de calcio, de aluminio.

En el apéndice de las gemas ó piedras finas es muy difícil establecer grupos genéricos, por cuya razon estudiaremos las especies independientes unas de otras.

En la sub-clase tierras y piedras silíceas, aceptamos la division en familias propuesta por Leymerie, pues de esta manera creemos que se pueden vencer mejor las grandes dificultades que ofrece el estudio de la sílice y silicatos (1).

(1) Leymerie estudia en su clase piedras, y en el órden que denomina piedras particularmente dichas, la familia de las gemas ó piedras finas.

Las familias mas principales, y en las que se encuentran agrupadas muchas de las especies que tienen grande aplicacion en la industria, agricultura, construcciones, son las siguientes:

FAMILIAS	ESPECIES PRINCIPALES
FELDESPÁTICAS.	Ortosa, albita, labradorita, oligoclasa, etc.
COCEOLITAS..	Anfigena, Haüyna, lazulita, nefelina, etc.
CEOLITAS.	Analcima, chavasia, mesotipa, harmotoma, estilbita, etc.
PRISMÁTICAS.	Andalucita, estaurotida, distena.
ANFIBOLES.	Anfibol blanco, id. verde, id. negro, piroxeno, etc.
MICAS.	Micas, clorita, Sismondina, etc.
TALCOSAS.	Talco, esteatita, serpentina, magnesita, etc.
TERROSAS.	Arcillas y sus variedades.

En la tercera clase, ó sea en la de los metales, es muy difícil constituir familias ó tribus, por lo que solo admitimos el grupo «genérico,» como intermedio entre la clase y la especie. Para la formacion de este grupo, adoptamos un camino diametralmente opuesto al seguido en las tierras y piedras, valiéndonos, por consiguiente, del cuerpo electro-positivo; así, por ejemplo, diremos *género hierro*, *género plomo*, *género manganeso*, etc., constituidos por los metales nativos ó sus óxidos combinados, con un elemento metaloide ó con un oxácido, como se ve á continuacion:

GÉNEROS	ESPECIES PRINCIPALES
PALADIO.	Paladio nativo.
IRIDIO..	Iridio nativo, iridio osmiado.
PLATINO.	Platino nativo.
ORO.	Oro nativo.
PLATA..	Plata nativa, plata sulfurada, plata antimonio-sulfurada, plata arsenio sulfurada, plata clorurada, etc.
MERCURIO.	Mercurio nativo, mercurio sulfurado, etc.
PLOMO..	Plomo nativo, plomo sulfurado, plomo carbonatado, plomo cromatado, plomo sulfatado, etc.

ESTAÑO. . . .	Estaño oxidado, estaño sulfatado.
BISMUTO. . . .	Bismuto nativo, bismuto sulfurado.
COBRE.	Cobre nativo, cobre oxidado, cobre y hierro sulfurado, cobre sulfurado, cobre carbonatado, cobre sulfatado, cobre clorurado, etc.
COBALTO. . . .	Cobalto arsenical, cobalto arsenio-sulfurado, cobalto arseniatado, etc.
MANGANESO. . .	Manganeso oxidado, manganeso sulfurado, manganeso silicatado, etc.
HIERRO. . . .	Hierro nativo, hierro oxidado, hierro sulfurado, hierro arsenio-sulfurado, hierro carbonatado, hierro fosfatado, hierro sulfurado, etc.
ZINC.	Zinc sulfurado, zinc carbonatado, zinc silicatado, etc.
NIQUEL. . . .	Níquel arsenical, níquel antimonio-sulfurado, etc.
URANO. . . .	Urano oxidado, urano fosfatado.
MOLIBDENO. . .	Molibdeno sulfurado.
TITANO. . . .	Titano oxidado, titano silíceo-calcáreo.
ANTIMONIO. . .	Antimonio nativo, antimonio sulfurado, etc.
TELURO. . . .	Teluro nativo, teluro plumbo-aurífero, antimonio oxi-sulfurado, etc.
ARSÉNIO. . . .	Arsénico nativo, arsénico oxidado, arsénico sulfurado.

En la cuarta clase ó sea en los *combustibles* formaremos cuatro secciones ó familias y un apéndice, á saber:

SECCIONES	ESPECIES PRINCIPALES
AZUFRES. . . .	Azufre nativo, azufre selenífero.
RESINAS. . . .	Succino ó ámbar amarillo, retinita, copal fósil.
BETUNES. . . .	Nafta, petróleo, asfalto.
CARBONES. . .	Grafito, antracita, carbon de piedra, lignito, turba.
APÉNDICE Á LOS COMBUSTIBLES. .	Guano, melita, oxalita, conistonita.

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA

SUB-REINO PRIMERO-ATMOSFERICO

CLASE PRIMERA—GASES

Se hallan incluidos en esta clase todos los cuerpos que se presentan gaseosos á la presion y temperatura ordinaria de la atmósfera, y que carecen de las propiedades esenciales de los minerales. Esta clase la subdividimos en dos secciones que son: 1.ª gases simples; 2.ª gases compuestos.

SECCION PRIMERA—GASES SIMPLES

Comprende los cuerpos elementales, *oxígeno*, *nitrógeno* é *hidrógeno*.

OXÍGENO—Fórmula química O

El descubrimiento de este cuerpo se atribuye al inglés Priestley, que le dió á conocer en 1774. Poco tiempo despues Schéele y Lavoissier, sin tener idea de las observaciones del químico inglés, obtuvieron este cuerpo empleando cada uno operaciones distintas.

CARACTÉRES.—El oxígeno es un gas permanente á la temperatura y presion ordinaria, habiéndose liquidado recientemente por Pictet á la temperatura de 140° bajo cero y á la presion de 120 atmósferas; incoloro, insípido y sin olor de ningun género, de peso específico representado por 1,01, siendo su poder refringente con relacion al aire de 0,9. Es el mas electro-negativo de todos los cuerpos, así como tambien el mas comburente; es decir, que es el elemento que activa mas la combustion de todos los otros; el oxígeno es tambien el elemento esencial para la funcion de la respiracion de los animales; un animal perece al cabo de cortos momentos cuando se le sumerge en una atmósfera ó en un aire privado de oxígeno.

YACIMIENTO.—El oxígeno es el cuerpo que mas abunda en la naturaleza, pero jamás se halla aislado á causa de la afinidad que tiene con los otros elementos, y sobre todo, con los metales; mezclado con el nitrógeno en la proporcion de $^{1}/_{5}$ de oxígeno y $^{4}/_{5}$ de nitrógeno, forma el aire atmosférico; unido con el hidrógeno, en la proporcion de 11,13 de hidrógeno y 88,87 de oxígeno, constituye el agua. El oxígeno forma tambien parte, por lo menos, de cuatrocientas y tantas especies mineralógicas, y entra en la composicion de todos los tejidos animales y vegetales.

NITRÓGENO—Fórmula química N

CARACTÉRES.—El *nitrógeno* (1), que quiere significar, yo engendro nitro, es un gas permanente á la temperatura y presion ordinaria; pero se ha liquidado por Cailletet á la temperatura de 29° bajo cero y á una presion de 200 atmósferas; incoloro, sin olor ni sabor; su densidad comparada con la del aire es de 0,9713, y su poder refringente el de 0,02. Una luz introducida en este gas se apaga instantáneamente, por lo que el nitrógeno no sirve para la combustion ni tampoco para la respiracion animal; no obstante, el nitrógeno no ejerce accion deletérea sobre los órganos respiratorios,

(1) Se le llama tambien «ázoe» que quiere decir que no sirve para la vida, nombre que no debe aceptarse por mas que esté en uso. Véase «Nomenclatura química.»

supuesto que, como hemos dicho, en el aire atmosférico figura en la proporcion aproximada de 79,10.

Yacimiento.—Este gas abunda bastante en la naturaleza; así es que además de formar los $^4/_5$ de la atmósfera, entra tambien en la composicion de las sustancias orgánicas vegetales y animales; existe en un reducido número de minerales, pudiendo citarse entre otros las «sales orgánicas» y los «nitratos.» El gas nitrógeno en estado de pureza es sumamente raro; se desprende algunas veces de los cráteres de los volcanes cuando están en erupcion, y tambien de las grietas ó hendiduras que forman en la tierra á causa de los terremotos.

HIDRÓGENO— Fórmula química H

Caractéres.—Este gas fué descubierto á últimos del siglo XVII, pero sus cualidades esenciales se ignoraron hasta el año 1766 en que Cavendish las dió á conocer. El hidrógeno es un gas permanente á la temperatura y presion ordinaria; pero Pictet ha conseguido liquidarlo y aun solidificarlo, mediante una temperatura de 140° bajo cero y una presion de 650 atmósferas; incoloro, inodoro é insípido; su densidad relativa es de 0,0688, siendo por lo tanto, el cuerpo mas ligero de todos los que se conocen. Este cuerpo es el mas electro-positivo de los metalóides; no sirve para la combustion ni la respiracion; es un gas esencialmente combustible, pero produce al arder en contacto del aire una llama poco brillante, desarrollando, sin embargo, una temperatura superior á la de todos los cuerpos combustibles, sobre todo si arde en una atmósfera de oxígeno.

Yacimiento.—El hidrógeno se encuentra rara vez en estado libre; unido al oxígeno, constituye, como se ha indicado, el agua, de donde toma el nombre de hidrógeno, que significa «yo engendro agua»; combinado con el oxigeno, nitrógeno y carbono forma las sustancias animales y vegetales. Se desprende en ciertas ocasiones de los volcanes y durante los terremotos, yendo acompañado, por lo comun, del hidrógeno protocarbonado.

Usos.—Se emplea á causa de su ligereza, para llenar los globos aerostáticos, siendo casi siempre preferido al aire caliente ó al gas del alumbrado; se usa este gas en química para alimentar el soplete denominado de Newman. Este aparato se reduce á un recipiente metálico de gran resistencia, en cuyo interior se pone una mezcla de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno bajo una gran presion: este recipiente tiene un soplete terminado, como es consiguiente, en una punta de platino en la que se inflama la mezcla. Con el objeto de que la llama no se propague al interior del aparato, que de verificarse ocasionaria una terrible explosion, colócanse entre el recipiente y el soplete unas 120, 130 ó mas láminas metálicas, que tienen por objeto enfriar los gases y, por consiguiente, evitar la comunicacion, por lo cual siempre están los gases separados y se les mezcla en el tubo del soplete. Si el dardo inflamado producido por la mezcla de gas hidrógeno y oxígeno se dirige sobre un cono de creta ó de cal, esta materia se encandece y produce una luz muy intensa que ha recibido el nombre de «luz Drumond,» tan usada en la iluminacion de los faros y en algunos experimentos de óptica.

SECCION SEGUNDA—GASES COMPUESTOS

Se incluyen en esta seccion el aire atmosférico, agua en vapor, hidrógeno carbonado, ácido carbónico, sulfuroso, hidro-sulfúrico, hidro-clórico y el amoníaco.

AIRE ATMOSFÉRICO

Cuerpo gaseoso formado por la mezcla de 79 partes próximamente de nitrógeno y cerca de 21 de oxígeno, cuyas proporciones vienen á ser las mismas en todos los puntos de la tierra. El aire es un gas permanente á la temperatura ordinaria, habiéndose liquidado hace muy poco tiempo por medios idénticos á los empleados en los gases anteriormente descritos; incoloro en pequeñas masas, inodoro, insípido; su densidad relativa es la unidad, sirviendo, por consiguiente, de término de comparacion para determinar el peso específico de todos los gases y vapores. En el aire existen tambien pequeñísimas cantidades de ácido carbónico y de agua en vapor, estando representada la cantidad del primero de estos cuerpos por menos de un medio por ciento, y la del segundo de 0,055 á 0,007, cantidad que disminuye con la altura, supuesto que Gay-Lussac no encontró mas que 0,001 de vapor de agua á 7,000 metros sobre la altura de Paris.

El aire sirve esencialmente para la respiracion y la combustion; trasparente, invisible y sin color, como hemos indicado, cuando se examina en pequeñas masas, ofrece, á causa de la reflexion que experimenta la luz á través de sus capas, el color azul que todo el mundo conoce.

Todas las demás particularidades que se estudian en el aire atmosférico corresponden esencialmente á la Geología, Física y Química, y en manera alguna á una obra de Mineralogía.

AGUA EN VAPOR— Fórmula química HO

Caracteres.—El agua en estado de vapor puede considerarse, siguiendo á Delafosse, como una subespecie que forma parte del aire atmosférico.

El agua, como todo el mundo sabe, se halla en la naturaleza en tres estados: gaseoso, líquido y sólido.

Agua en vapor.—En este estado, se halla mezclada con el aire, especialmente en las capas inferiores; en los dias claros y serenos, es decir, cuando la atmósfera está completamente límpida, se encuentra como disuelta, siendo en este caso invisible y constituyendo el vapor de agua particularmente dicho, cuya presencia se reconoce únicamente en virtud de ciertos fenómenos meteorológicos é higrométricos. Otras veces, sobre todo cuando está en gran cantidad, se condensa en glóbulos que flotan en la atmósfera formando las nubes y las nieblas. El agua en vapor sale tambien de los volcanes denominados azufrales, constituyendo las *fumarollas*, y de algunos terrenos de sedimento compuestos esencialmente de materias calizas, dando orígen á los denominados *sofionis*, cuyos vapores están mezclados con diferentes sustancias salinas ó ácidas; tal es lo que sucede en los célebres *lagonis* de Toscana, en donde existen grandes cantidades de ácido bórico, así como los vapores de agua del Vesubio y del azufral de Puzzolo, que salen cargados respectivamente de ácido hidroclórico ó de ácido sulfuroso ó hidrógeno sulfurado.

Agua líquida.—Constituye los mares, rios, lagos, fuentes, etc. La composicion y propiedades de estas aguas varía extraordinariamente, encontrándose, por lo general, en ellas, cloruros, carbonatos, sulfatos, etc., en combinacion con los metales ó con óxidos básicos. Pueden dividirse las aguas en potables, crudas, termales frias, minerales, marinas, etc. Las potables, llamadas tambien dulces, ofrecen los caractéres siguientes: son insípidas, cuya falta de sabor se debe sin duda á la costumbre que tenemos de beber las de una localidad dada, supuesto que inmediatamente aprecia-

mos el sabor particular de aquellas otras que se encuentran en sitios diferentes; cuecen bien las legumbres, disuelven el jabon, conservan su trasparencia despues de hervidas y dejan muy poco residuo al evaporarse. Las denominadas crudas carecen de las propiedades indicadas, y, por consecuencia, no se emplean en la economía doméstica. Las aguas frias son las que ofrecen una temperatura igual ó inferior á la media de la atmósfera, así como las termales presentan temperaturas mas elevadas. Las minerales son las que por su temperatura mas ó menos elevada (aguas termales) ó por diferentes sustancias en disolucion, ejercen una accion mas ó menos directa en nuestro organismo. Estas aguas se subdividen en los grupos siguientes: gaseosas, que contienen ácido carbónico, que se desprende en cantidades mas ó menos considerables, pudiendo ser frias ó termales segun su temperatura; salinas, aguas frias ó termales que llevan en disolucion diversas sales alcalinas, á las que deben sus virtudes medicinales; ferruginosas, aguas casi siempre frias que llevan en disolucion compuestos de hiero; sulfhídricas ó hepáticas, las que contienen disuelto el hidrógeno sulfurado ó gas de los huevos podridos, etc.

AGUA SÓLIDA.—El agua líquida se convierte en sólida á la temperatura de 0° formando así el hielo, la nieve y la escarcha. El hielo se presenta cristalizado en agujas, que entrelazadas entre sí constituyen masas trasparentes y continuas, siendo muy difícil á veces referir estas agujas á una forma cristalina dada. El hielo, como nadie ignora, á pesar de su estado sólido es mas ligero que el agua, ligereza debida á que cuando la temperatura disminuye desde 4.° hasta cero ó menos, el agua aumenta de volúmen á causa de que sus moléculas están mas separadas que cuando está en estado líquido. Cada copo de nieve se halla formado por el agrupamiento de multitud de cristalitos, prismas exagonales prolongados que constituyen por su reunion una especie de estrella: la escarcha está formada tambien por laminillas exagonales perfectamente regulares y que se derivan, así como los cristales de la nieve, del sistema romboédrico.

USOS.—Nadie ignora el grande interés é importancia que tiene el agua. Este cuerpo es de absoluta necesidad para la vida de las plantas y de los animales, así que todos los líquidos que se encuentran en dichos séres están constituidos esencialmente por el agua; destilada tiene grandes aplicaciones en la Química, Medicina é Industria; en estado sólido sirve y es objeto de grandes industrias; por último, este cuerpo es el gran motor de fuerza que sustituye con ventaja á todas las fuerzas del hombre y de los animales.

HIDRÓGENO CARBONADO—Fórmula química $C^2 H^4$

CARACTÉRES.—Este cuerpo, llamado tambien gas de los pantanos ó de las ulleras, es un gas incoloro, insípido é inodoro, estando representado su peso específico por 0,55. Arde en contacto del aire con una llama azulada y produce, cuando se quema, agua y ácido carbónico; no sirve para la combustion ni respiracion; si se mezcla en ciertas proporciones con el oxígeno ó con el mismo aire, detona tan luego como se aproxima un cuerpo en ignicion; estas mezclas explosivas que por desgracia se verifican muy á menudo, causan la muerte de muchos de los trabajadores encargados de beneficiar ciertas ulleras ó minas de carbon de piedra.

COMPOSICION EN PESO

Carbono.	75
Hidrógeno. . . .	25
	100

YACIMIENTO.—El hidrógeno protocarbonado se desprende en cantidad considerable de los pantanos ó aguas cenagosas; basta remover el cieno con un palo ú otro objeto cualquiera para que inmediatamente salgan burbujas de este cuerpo, que puede recogerse sin mas que colocar una campana ó un frasco boca abajo; sale tambien este cuerpo de los volcanes, de los terrenos ulleros, del interior de la tierra y mezclado con sustancias cenagosas, que suelen estar impregnadas de sal comun; estos manantiales se designan con el nombre de volcanes cenagosos ó *macalubas*. En algunos sitios, no siempre relacionados con volcanes, se desprenden enormes cantidades de hidrógeno protocarbonado, que ya sea por su combustion espontánea, ya por la aproximacion de un cuerpo ígneo, constituyen las llamadas fuentes ardientes ó manantiales de fuego. Podemos citar como mas notables los que existen en las orillas del mar Negro y del Cáspio, los de Java, China, Bengala, Indostan y otros sitios del Asia, en cuyos puntos basta muchas veces practicar un orificio de algunos metros de profundidad para que salgan al exterior grandes surtidores de gas inflamable; existen además en la América, siendo entre otros los mas notables los de Fredonia (New-York,), y los de Turbaco (Colombia) designados *volcancitos* por los naturales del país; los hay en número considerable en Italia, especialmente en toda la longitud septentrional de los montes Apeninos; por último, son notables los que existen cerca de Agrigento y de Catania (Sicilia).

USOS.—En los países en que el hidrógeno carbonado se desprende en gran cantidad, le inflaman con el objeto de calcinar ladrillos, cal y otras materias.

ACIDO CARBÓNICO—Fórmula química CO^2

CARACTÉRES.—Este cuerpo, denominado tambien aire fijo, ácido aéreo, gas ó ácido mefítico, presenta los caractéres siguientes: gaseoso á la temperatura y presion ordinaria, sin olor, ni color, ligeramente ácido y agradable, siendo su densidad relativa de 1,52. Enrojece muy poco las tinturas azules de los vegetales; no sirve para la combustion ni respiracion; se disuelve en el agua y da un precipitado blanco con el agua de cal ó de barita.

COMPOSICION EN PESO

Carbono. . . .	27,68
Oxígeno. . . .	72,32
	10,00

YACIMIENTO.—Se halla el ácido carbónico en la atmósfera en la proporcion próximamente de 4 por 1,000; se desprende en grandes cantidades de los terrenos volcánicos ó carboníferos, acumulándose en la parte inferior de las cuevas ó grutas próximas; tal es lo que sucede en la célebre gruta de Añano en Nápoles, conocida generalmente con el nombre de *gruta del Perro*, porque estos animales ó aquellos otros que tengan su altura ó menos, perecen en el momento que penetran en la cueva citada, mientras que el hombre y demás mamíferos de mayor talla que el perro, pueden permanecer en ella sin correr peligro de ningun género; son notables tambien la gruta de Tifon (Asia menor), la de Bolsena (Estados antiguos romanos), y la de Aubenas en el departamento de l'Ardeche (Francia). En las cercanías de Gerona (España) hay unos pozos de los que se desprende el ácido carbónico. Existe, además, este gas disuelto en muchas aguas, siendo sus proporciones mayores ó menores segun la profundidad de que proceden aquellas; estas

aguas se llaman acídulas ó carbónicas, tales son: las célebres de Vichy (Francia), las del Seltz y Spa (Alemania), etc. En España son notables las de Puerto Llano y Fuensanta (Ciudad Real), Solar de Cabras (Cuenca), Alanje (Badajoz). Se desprende, como se ha indicado, de los terrenos volcánicos, especialmente en los apagados y en los azufrales, siendo el mas notable bajo este punto de vista el de Java, que se halla en el valle del *veneno* ó de la *muerte*, llamado así, porque está rodeado de nna gruesa capa de ácido carbónico que produce la asfisia á todo animal que se aproxima ó penetra en ella. Finalmente, se consideran como manantiales constantes de ácido carbónico la combustion ordinaria, las putrefacciones y fermentaciones orgánicas, la respiracion animal, y la vegetal durante la noche.

USOS.—Se emplea el ácido carbónico para la fabricacion de las bebidas gaseosas; se administra en Medicina, sobre todo las aguas carbónicas ó acílulas, para el alivio y curacion de las enfermedades crónicas de las vías digestivas. La importancia é interés que tiene este cuerpo en Mineralogía es debida á que en union con ciertas bases constituye los diversos carbonatos que existen, formando parte de la corteza terrestre.

ACIDO SULFUROSO—Fórmula química SO^2

CARACTÉRES.—Este es un cuerpo gaseoso á la temperatura y presion ordinaria, incoloro y de un olor especial que todo el mundo conoce, porque es el que produce un pajuela de azufre cuando se quema; su densidad con relacion á la del aire es 2,2.

Enrojece muy poco las tinturas azules vegetales que luego decolora; es muy soluble en el agua, supuesto que un volúmen de este líquido disuelve 50 de gas sulfuroso; no sirve para la combustion ni respiracion; excita la tos y produce sofocaciones; sin embargo, sus efectos no son perjudiciales cuando se respira en pequeña cantidad. Este gas, como el ácido carbónico, puede obtenerse líquido á la presion ordinaria (1) y á la temperatura de 20° bajo cero.

COMPOSICION EN PESO

Azufre.	50,87
Oxígeno. . . .	49,13
	100,00

YACIMIENTO.—El ácido sulfuroso gaseoso se desprende en grandes cantidades de las erupciones volcánicas, y de las hendiduras ó grietas de los llamados azufrales; los volcanes de Islandia, de Tenerife y del Etna producen emanaciones considerables de este gas, mientras que son muy escasas en el Vesubio.

USOS.—El ácido sulfuroso artificial, esto es, el que resulta de quemar el azufre en contacto del oxígeno del aire; sirve para el blanqueo de la seda, lana, plumas, sombreros de paja y otros objetos fabricados con materias orgánicas: se emplea para quitar las manchas rojas que producen ciertas frutas sobre los manteles y demás ropa blanca; se usa en Medicina para la curacion de las enfermedades de la piel, y con especialidad la sarna. Se administra tambien en fumigaciones, mediante aparatos á propósito y dispuestos de tal manera que el cuerpo del paciente experimenta la accion del ácido sulfuroso, sin que sus órganos respiratorios perciban sus emanaciones. Para blanquear las telas de lana y seda, se acostumbra á suspenderlas en el interior de una habitacion ó cámara cerrada donde se inflama el azufre puesto en una vasija cualquiera. El ácido sulfuroso que se desprende por la combustion del azufre, se fija sobre las telas húmedas y destruye su materia colorante. Para blanquear las materias de hilo ó de algodon se suele emplear con preferencia el gas cloro, que no puede destinarse para las de lana y seda á causa de que las altera. Se usa tambien el ácido sulfuroso para azufrar los vinos, operacion que tiene por objeto el que estos líquidos no se agrien. Se recomienda tambien para apagar el fuego de las chimeneas.

ÁCIDO HIDROSULFÚRICO—Fórmula química HS

CARACTERES.—Este cuerpo, que se designa con los nombres de gas de las letrinas, gas de los huevos comunes y gas hepático, se presenta gaseoso, incoloro, y de un olor fuerte y fétido, ó sea el mismo del de los huevos podridos; su densidad con relacion á la del aire es 1,19. Se puede liquidar á la temperatura ordinaria bajo una presion de 16 atmósferas, convirtiéndose en este caso en un líquido movible cuya densidad es de 0,9, con relacion al agua. No sirve para la combustion ni respiracion, siendo uno de los gases mas venenosos que existen; basta que haya $^1/_{100}$ de este cuerpo en el aire para producir la muerte á un perro. Enrojece muy poco las tinturas azules de los vegetales, y se disuelve en el agua, á la que comunica su olor. Este gas es combustible y arde en contacto del aire con llama azulada, produciendo por la combustion agua y ácido sulfuroso.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno.	5,81
Azufre.	94,19
	10,000

YACIMIENTO.—Se desprende de las erupciones volcánicas y de las grietas ó hendiduras que se producen en los terremotos; se forma en los azufrales donde da origen, por su descomposicion, á enormes cantidades de azufre. Se encuentra disuelto en las aguas denominadas impropiamente sulfurosas, puesto que su verdadero nombre es el de *sulfhídricas* ó *hepáticas*. En España existen aguas de este género en la Puda, próximo á Esparraguera (Cataluña), Ontaneda (Santander), Molar (Madrid), Grávalos (Logroño) y en otros muchos puntos. Se desprende tambien este gas en gran cantidad de las letrinas, y de las sustancias ó materias orgánicas que contienen azufre.

USOS.—El ácido hidrosulfúrico se emplea en Química para precipitar de sus disoluciones salinas, bajo la forma de sulfuros, gran número de metales, puesto que los sulfuros que se obtienen ofrecen colores especiales y característicos que sirven para determinar los metales. Se usa en Medicina para la curacion de las enfermedades de la piel; en algunos puntos se emplea para matar los ratones, topos y otros animales perjudiciales á la agricultura.

ACIDO HIDROCLORICO—Fórmula química HCl

CARACTÉRES.—Este cuerpo, conocido en el comercio con el nombre de *ácido muriático*, se presenta gaseoso, incoloro, tiene un olor pronunciado y picante, y sabor muy agrio; produce humos blancos en contacto del aire, y su peso específico está representado por 1,2. Enrojece fuertemente las tinturas azules de los vegetales, no sirve para la combustion

(1) El ácido carbónico puede obtenerse líquido á la temperatura de 0° bajo una presion de 36 atmósferas; á 10° bajo cero basta una presion de 27 atmósferas, y á 28° bajo cero es suficiente una presion de 18 atmósferas.

ni respiracion, siendo uno de los gases mas solubles en el agua, puesto que un volúmen de este líquido á o°, disuelve 500 volúmenes de ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno. . . .	2,74
Cloro..	97,26
	100,00

YACIMIENTO.—El ácido hidroclórico se desprende, por lo general, de los volcanes en actividad, sobre todo del Vesubio, ejerciendo una accion directa sobre los minerales ó rocas cercanas. El baron de Humboldt observó este gas en las aguas termales de Chucandiro, San Sebastian y otros sitios de México.

USOS.—La disolucion del ácido hidroclórico en el agua es uno de los reactivos mas usados en los laboratorios químicos; se emplea en la tintorería para hacer cambiar los colores, ó para la desaparicion de algunos. Se usa tambien en Química para obtener el cloro y los cloruros, cuerpos sumamente útiles para el blanqueo de las telas.

SUB-REINO SEGUNDO-MINERAL

CLASE SEGUNDA—TIERRAS Y PIEDRAS

SUB-CLASE PRIMERA—TIERRAS Y PIEDRAS NO SILÍCEAS

CARACTÉRES.—Minerales sólidos, de aspecto vítreo, lapídeo ó térreo; de peso específico, por lo comun, comprendido entre 2 y 4 enteros con relacion al agua; é irreductibles á metal por la accion del calor.

GÉNERO—CARBONATO

Comprende minerales compuestos de ácido carbónico y de una ó mas bases metálicas; solubles en los ácidos nítrico ó hidroclórico, desprendiendo un gas incoloro é inodoro, cuyo gas no es otro que el ácido carbónico; el desprendimiento indicado se efectúa con efervescencia mas ó menos rápida segun las especies. El género carbonato, para su mas fácil estudio, puede dividirse en dos grupos, á saber: *carbonatos solubles* en el agua á la temperatura y presion ordinaria de la atmósfera, y dotados de un sabor alcalino, ó mas ó menos acre; y *carbonatos insolubles* en el agua, en las condiciones referidas y que carecen de sabor.

PRIMER GRUPO.—*Carbonatos solubles.*—Comprende las especies denominadas Natron, Urao y Gay-Lussita.

NATRON—CARBONATO DE SOSA HIDRATADO—
Fórmula química $NaO, Co^2 + 10\ HO$

CARACTÉRES.—Cristalizada en prismas de ocho caras que derivan de un prisma romboidal oblicuo; su color es blanco, traslúcido, siendo su densidad relativa 1,4. Los cristales del natron son muy eflorescentes en contacto del aire, solubles en el agua, pero mas en caliente que en frio, y comunicando á este líquido un sabor alcalino. A causa de su eflorescencia tan notable no se encuentra en la naturaleza sino en forma de costras terrosas mas ó menos alteradas, y que se convierten con el tiempo en la *Fermonatrita* ó sea un carbonato de sosa con un solo equivalente de agua. Por la accion del calor se funde en su agua de cristalizacion y se convierte despues en una materia trasparente, que se altera en contacto del aire.

COMPOSICION EN PESO

Sosa.	21,7
Acido carbónico. . . .	15,3
Agua.	63
	100,000

YACIMIENTO.—Se encuentra en las llanuras y en los lagos denominados «Natron» en el Egipto, donde se forma por la reaccion que resulta entre el carbonato de cal y el cloruro de sodio; las aguas de estos lagos se evaporan mediante los dias de calor y producen grandes cantidades de natron en forma de eflorescencias, las que no son otra cosa que el nitro de que se habla en la Biblia y que describe Herodoto; se halla tambien el natron en agujas ó eflorescencias cristalinas en las llanuras de Hungría y costas del mar Negro, abundando mas en las estaciones calurosas, en cuya época se cubre la tierra de costras blancas análogas á la nieve; se encuentra tambien constituyendo costras en la superficie de las lavas del Vesubio y del Etna; las aguas de Spa, Seltz, Vichy y las análogas á estas que existen en nuestro país, deben muchas de sus propiedades á que tienen en disolucion el natron ó carbonato de sosa.

USOS.—Este cuerpo se emplea esencialmente en las artes para la fabricacion del jabon y del vidrio. Se ha extraido el natron, por espacio de mucho tiempo, evaporando las lejías obtenidas de ciertos vegetales que viven cercanos á los mares, puesto que en estas especies abundan mas las sales de sosa, mientras que contienen de preferencia sales de potasa aquellas otras que crecen en el interior de los continentes. Todo el mundo sabe que nuestras provincias de Levante eran las que proporcionaban casi todo el natron que se gastaba en Europa para la fabricacion del jabon y de otras materias. El natron ó carbonato de sosa procedia y procede de las plantas llamadas «barrilleras,» especies correspondientes en su mayor parte al género «Salsola» de la familia *Quenopodiáceas* ó *Salsoláceas.* Dichos vegetales despues de secos se incineran al aire libre en cavidades construidas á propósito; luego que se han quemado por completo, cuya operacion dura varios dias, resultan, en vez de cenizas, masas mas ó menos compactas y duras, en cuyo estado pasaban al comercio con el nombre de *sosas* de *Alicante*, *Cartagena*, *Málaga*, etc. Pero el consumo de estas sosas ha desaparecido desde la célebre revolucion francesa de 1793, y bajo el primer imperio, en cuya época y vendiéndose la barrilla á precios sumamente elevados, se idearon por los químicos franceses diversos procedimientos para obtener el carbonato de sosa artificial, siendo el mas importante de todos el empleado por Leblanc; este medio está reducido á convertir el cloruro de sodio ó sal comun en sulfato de sosa mediante el tratamiento por el ácido sulfúrico, y en descomponer despues el

referido sulfato de sosa con una mezcla de carbonato de cal y carbon por medio de la accion del calor; de esta descomposicion resulta carbonato de sosa y oxisulfuro de calcio, siendo este último insoluble en el agua, y por lo tanto fácil de separar del carbonato de sosa.

URAO—SESQUICARBONATO DE SOSA HIDRATADO—
Fórmula química 2NaO, $3CO^2 + 4HO$

CARACTERES.—Este mineral, llamado tambien *Trona*, cristaliza en prismas obtusos terminados en bisel, cuyos cristales se derivan del prisma romboidal oblicuo; su aspecto es vítreo, incoloro y de peso específico representado por 2,1. Soluble en el agua á la que comunica su sabor, y fusible al soplete colorando la llama de amarillo. Las demás propiedades físicas y químicas son muy parecidas á las de la especie anterior, diferenciándose, sin embargo, en que el urao no se esflorece como el natron.

COMPOSICION EN PESO

Sosa.	50,14
Acido carbónico. . . .	35,39
Agua.	14,47
	100,00

VARIEDADES.—Se encuentra, por lo comun, en masas compactas formadas de granos cristalinos, y dotadas de una consistencia suficiente para que en algunos sitios las destinen á piedras de construccion.

YACIMIENTO.—Se encuentra el urao en los lagos de natron de Hungría, en el Bajo-Egipto, en Nueva Granada (Colombia), y en las Indias orientales.

USOS.—Se emplea del mismo modo que el natron, para la fabricacion del vidrio, del jabon y otras materias. En Nueva-Granada se usa como mordiente de un extracto de tabaco para constituir un *bequico*, que los naturales del país designan con el nombre *moo* ó *chimo*.

GAY-LUSSITA—Fórmula química NaO, $CO^2 + CaO$, $CO^2 + 5HO$

(Puede, por lo tanto, considerarse como un doble carbonato de sosa y de cal hidratado).

CARACTÉRES.—La Gay-Lussita, llamada tambien Natrocalcita, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo del quinto sistema cristalino; es un mineral blanco, de aspecto vítreo cuando es completamente puro, pero que se vuelve opaco si se halla expuesto por algun tiempo á la accion del aire; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 1,95. Este mineral es poco soluble en el agua, á la que comunica un sabor alcalino; dicho líquido, como se comprende desde luego, disuelve el carbonato de sosa y en modo alguno el de cal. Por la accion del soplete tiene la particularidad de decrepitar; pierde primero el agua, y despues se funde en una perla opaca que ofrece un sabor alcalino bastante fuerte; da agua por la calcinacion en un tubo de ensayo y comunica á la llama del soplete un color amarillo-rojizo.

COMPOSICION EN PESO

Carbonato de sosa. . .	35,86
Idem de cal.	33,80
Agua.	30,34
	100,00

VARIEDADES.—Se halla la Gay-Lussita, segun Boussingault, en Lagunilla (Colombia) en forma de cristales imperfectos y diseminados en una especie de arcilla; los naturales del país, teniendo en cuenta la forma de los cristales, los comparan á cabezas de clavo.

YACIMIENTO.—Como se acaba de indicar se encuentra la Gay-Lussita en Lagunilla en una capa de arcilla que está cubriendo al urao.

SEGUNDO GRUPO.—*Carbonatos insolubles.*—Se hallan incluidas en este grupo las especies carbonato de cal, ó sea la caliza y aragonito, el carbonato de cal y magnesia ó dolomia, el carbonato de barita ó witherita, y el de estronciana ó estroncianita.

CARBONATO DE CAL—Fórmula química CaO, CO^2

Teniendo presente su dimorfismo, se subdivide en dos sub-especies, á saber: caliza ó carbonato de cal romboédrico y aragonito ó carbonato de cal prismático.

1.ª *sub-especie.*—CALIZA

CARACTÉRES.—Este mineral, llamado tambien espato de Islandia, espato calizo, piedra caliza, etc., es uno de los mas útiles y mas abundantes en la naturaleza, por lo cual exige una descripcion mas extensa que la mayoría de las especies que hemos de estudiar.

Los mineralogistas modernos dividen la caliza ó carbonato de cal romboédrico en cinco secciones, que son: 1.ª caliza cristalizada; 2.ª caliza fibrosa; 3.ª sacaroidea; 4.ª compacta; y 5.ª terrosa. Las propiedades comunes y generales de todas ellas pueden reducirse á las siguientes: son incoloras, ó bien pueden presentar un color blanco lechoso ó amarillento cuando están en el estado de pureza; rayan al yeso (excepto las terrosas), y se rayan por el espato fluor; si se reducen á polvo tienen un peso específico representado por 2,7. Mediante la accion del calor desprenden ácido carbónico y se trasforman en óxido de calcio ó cal viva: son insolubles en el agua á menos que no tengan un exceso de ácido carbónico; solubles en el ácido nítrico produciendo una efervescencia mas ó menos rápida segun las variedades; y si se somete la disolucion nítrica que resulta á la accion del oxalato amónico, se obtiene un precipitado blanco, que es insoluble en los ácidos láctico y acético, y soluble en el sulfúrico, hidroclórico y otros ácidos enérgicos.

COMPOSICION EN PESO

Acido carbónico..	44
Oxido de calcio.	56
	100

PRIMER GRUPO.—*Calizas cristalizadas.*—La forma primitiva de estas calizas, ó el sólido que se obtiene por exfoliacion, es un romboedro cuyo ángulo diedro es de 105° 5'; ofrece, sin embargo, la caliza multitud de formas derivadas todas ellas del sistema romboédrico, siendo desde luego las mas frecuentes las romboédricas, las prismáticas de base exagonal y los escalenoedros. Las primeras, ó sean las romboédricas, varian considerablemente, hasta el punto que los cristalógrafos describen veinticinco romboedros diversos (1). Estos cristales son, por lo comun, trasparentes, dando origen por la exfoliacion, fácil de verificar en una direccion paralela á

(1) Pueden consultarse las obras de Mineralogía de Dufrenoy, Delafosse, Haüy, y el conde de Bournon.

sus caras, al romboedro de 105°, 5'; ofrecen lustre vítreo, doble refraccion con un solo eje óptico, y son susceptibles de adquirir la electricidad positiva por medio de la presion; la variedad completamente incolora, diáfana y que presenta en alto grado los dos ultimos caractéres, se designa con el nombre de Espato de Islandia, que está considerado como el prototipo de pureza de la especie carbonato de cal. Son tambien mas ó menos comunes la *caliza primitiva;* la *caliza equieje*, que ofrece un romboedro mas obtuso que el espato de Islandia; la *caliza inversa*, que no consiste en otra cosa mas que en un romboedro agudo, en el que los ángulos planos y los diedros parece que han experimentado una inversion respecto á los ángulos correspondientes del romboedro primitivo; la *caliza cuboide*, cuyo romboedro es el menos agudo de todos los que presenta la caliza, supuesto que su ángulo diedro es de 88° 18'; esta forma se parece mucho á un cubo, por lo cual se le denomina espato cúbico.

Las formas prismáticas de base exagonal pueden reducirse á dos clases, á saber: una resultado de la exfoliacion de las aristas, y otra que corresponde á las caras, obteniéndose siempre el romboedro primitivo. Las formas escalenoédricas son tambien algo frecuentes en la naturaleza, y de todas ellas es la mas notable la caliza metastática de Haüy, ó *dientes de puerco* de los antiguos mineralogistas. Los romboedros, prismas y escalenoedros citados, producen una multitud de formas á causa de la alteracion que sufren en sus dimensiones, ó bien al agrupamiento de los cristales; estas formas denominadas laminares, esferoidales, lenticulares, cilindroideas, etc., se hallan descritas en las configuraciones irregulares ó accidentales.

SEGUNDO GRUPO.—*Calizas fibrosas.*—Ofrecen una estructura compuesta generalmente de fibras delgadas, pero con el espesor bastante para que puedan referirse á verdaderas formas prismáticas que están unidas entre sí en direccion longitudinal. El color que presentan estas calizas es casi siempre el amarillo ó un blanco lechoso; á las variedades que constan de zonas ó bandas de colores diversos, se las designa con el nombre de alabastro calizo, siendo el mas estimado, el alabastro oriental ó de Egipto, el cual ofrece un color amarillo de miel; las calizas de esta seccion que presentan lustre sedoso ó nacarado y estructura esencialmente fibrosa, se las denomina espato calizo. Finalmente, á las calizas fibrosas corresponden las estalactitas, estalagmitas, incrustaciones, concreciones, tobas, etc., cuyas variedades se han descrito en las formas irregulares ó accidentales.

TERCER GRUPO.—*Calizas sacaroideas.*—Los minerales incluidos en este grupo presentan una estructura de granos finos, brillantes y parecidos á los que ofrece el azúcar de pilon, de donde toman el nombre de sacaroideas. Por lo comun tienen un color blanco puro, siendo algun tanto trasluciente en los cortes. A esta seccion corresponden los llamados mármoles estatuarios, de los que el mas caracteristico es el mármol blanco de Carrara, el de Paros, el azul turquí y el designado con el nombre de mármol cipolino.

CUARTO GRUPO.—*Calizas compactas.*—Son las mas comunes de todas las calizas. Presentan estructura mas ó menos unida, siendo sus colores bastante variados, supuesto que las hay rojas, negras, amarillas, agrisadas, etc. A esta seccion pertenecen las denominadas bituminosas y los mármoles negros, cuya coloracion es debida á materias carbonosas; las fétidas, que frotadas ó raspadas producen un olor de huevos podridos; las calizas comunes, compuestas tambien de un grano mas ó menos fino y apretado, de color gris ó blanco amarillento, subvariedad que se conoce en Madrid con el nombre de caliza de Colmenar; la piedra litográfica, de estructura igual ú homogénea, carece de hendiduras, es inalterable al aire y á propósito para embeber cierta cantidad de agua y materias grasas; las oolitas y pisolitas calizas, cuyos caractéres y modo de formarse se han indicado al hablar de las configuraciones accidentales. Por último corresponden á las calizas compactas los llamados mármoles (excepto los de Carrara, cipolino, etc.); por lo comun, se designa con el nombre de mármoles toda sustancia inorgánica que es susceptible de adquirir por medio del pulimento un aspecto agradable y mas ó menos brillante; así, por ejemplo, los jaspes, serpentinas, granitos, pórfidos, etc., se llaman mármoles por el vulgo; pero en Mineralogía se da el nombre de mármoles á todas las variedades de caliza compacta mas ó menos coloreadas y que sean susceptibles de pulimento. Los mármoles son tan sumamente variados y numerosos que no ha sido posible constituir grupos en donde se incluyan todos; sin embargo, algunos mineralogistas, á fin de facilitar su estudio, los han dividido en tres secciones, á saber: 1.ª mármoles simples; 2.ª mármoles brechas; y 3.ª mármoles compuestos.

Se denominan *mármoles simples* todos aquellos que están constituidos esencialmente por el carbonato de cal, y teñidos á lo mas por materias colorantes, tales como los óxidos de hierro, betun, antracita, etc.: el mármol amarillo antiguo y el amarillo de Siam, el rojo antiguo, los mármoles negros y otros muchos se hallan incluidos en esta seccion.

Mármoles brechas no son mas que fragmentos angulosos de carbonato de cal que están unidos entre sí mediante un cemento calcáreo; los geólogos los dividen en brocatelas, si los fragmentos son pequeños, y en brechas particularmente dichas, cuando los fragmentos, por el contrario, son grandes. Son notables las brocatelas que se encuentran en Tortosa (Tarragona) por su color amarillo-isabela.

Se denominan *mármoles compuestos*, si están formados de carbonato de cal y de otras sustancias que se hallan interpuestas dando lugar á zonas, bandas, rayas, dibujos, venas, etc.; tales son, entre otros, el cipolino ó mármol pentélico, que está constituido por la caliza sacaroidea blanca en union con una pizarra talcosa verde, por lo que presenta zonas blancas y verdes.

Existe además otra clase de mármoles llamados conchíferos, porque contienen restos de conchas, siendo desde luego los mas notables los denominados *lumaquelas*, que se encuentran en diversos puntos; algunos ofrecen reflejos ó irisaciones amarillas, rojas ó de cuello de pichon, por lo que son muy apreciados; debiendo citarse en este concepto las lumaquelas procedentes de Corintia y de Astracan. Por último, no debemos olvidar los mármoles de Florencia ó mármoles ruiniformes; están compuestos de una caliza arcillosa que presenta color gris amarillento marcado de líneas pardas ú oscuras, las cuales son resultado de infiltraciones ferruginosas que han penetrado por hendiduras planas, cruzadas en todas direcciones, y producidas por la retraccion que ha experimentado la materia calizo-arcillosa; las indicadas infiltraciones forman dibujos, ángulos que, observados á cierta distancia, imitan muy bien ruinas de casas, palacios, etc.

Como un intermedio entre las calizas compactas y terrosas, se estudian por algunos mineralogistas las denominadas calizas hidráulicas. Estas variedades presentan una fractura lisa y mate, no manchan los dedos ni se disgregan con la facilidad que las terrosas; producen olor arcilloso por la insuflacion, carácter muy bueno para distinguirlas de las demás calizas; no aumentan de volúmen por medio de la calcinacion, y despues de calcinadas se disuelven algun tanto en el agua, solidificándose al poco tiempo dentro de ella y adquiriendo mayor consistencia; en virtud de este carácter se les

ha llamado calizas hidráulicas. Para averiguar la mayor ó menor hidraulicidad de estas calizas, y cuya hidraulicidad está en relacion con la cantidad de arcilla que contengan, se las somete á la accion del ácido hidroclórico ó muriático, que disuelve el carbonato de cal y óxido de hierro que existe, pero que no ataca la arcilla, la cual se precipita en el fondo de la vasija donde se haga el ensayo. Atendiendo á esta circunstancia se han dividido las calizas hidráulicas en tres grupos, á saber: 1.° eminentemente hidráulicas, si contienen de 70 á 80 de carbonato de cal y 30 á 20 de arcilla; 2.° medianamente hidráulicas, cuando están compuestas de 88 de caliza y 12 de arcilla; 3.° hidráulicas, si contienen 84 de la primera sustancia y 16 de la segunda. Si la arcilla es mayor que la de las cantidades citadas, no hay necesidad de mezclar la cal con arena para la fabricacion del llamado mortero ó argamasa, cuerpo que, como todo el mundo sabe, se destina para cerrar los espacios mas ó menos grandes que dejan los materiales de construccion al colocar unos sobre otros, así como tambien sirve para trabar y unir estos mismos materiales entre sí. Las calizas que se encuentran en este caso forman desde luego pasta con el agua al cabo de cierto número de horas, cuya propiedad es análoga á la que ofrece el yeso, por cuya razon se designa tambien á estas calizas con el nombre de yeso-cimento; contienen además de arcilla una cantidad bastante considerable de óxido de hierro.

QUINTO GRUPO.—*Calizas terrosas.*—Se diferencian de las de los grupos anteriores por su blandura, supuesto que se dejan rayar por la uña, por ser bastante frágiles y por su apegamiento á la lengua. Pueden dividirse en tres variedades esenciales que son: la creta, las margas y el agarico mineral ó harina fósil de algunos. La primera de estas variedades presenta, por lo general, los caractéres indicados para el grupo, es decir, que es blanca, y muy deleznable hasta el punto que se disgrega por la mas ligera presion convirtiéndose en polvo; si este se trata por el agua deja, segun los ejemplares, un depósito mayor ó menor de sílice; triturada y desleida en el agua forma una pasta que no es otra cosa sino el clarion ó blanco de España de los franceses. Las llamadas margas, mas bien que verdaderas calizas, deben considerarse como mezclas en proporciones variables de carbonato de cal, arcilla y sílice, pudiendo dividirse por lo tanto en margas calizas, margas arcillosas, y margas silíceas ó arenáceas; el color dominante de unas y de otras es el agrisado, distinguiéndose de las cretas en que son mas duras que estas, y en que no forman pasta con el agua sino cuando se las convierte en polvo muy fino (1). El agarico mineral ó harina fósil presenta color blanco y aspecto parecido al del almidon, constando al propio tiempo de un grano sumamente fino, suave al tacto y muy deleznable.

YACIMIENTO DE LAS CALIZAS.—La caliza es uno de los minerales mas abundantes y mas esparcidos en la corteza terrestre; se halla en todas las épocas y en todas las formaciones; pero en grandes masas pertenece esencialmente á los terrenos neptúnicos ó de sedimento, en donde se encuentra casi siempre alternando con capas de arcilla y de arena. En los terrenos metamórficos ó paleozóicos se presentan, por lo comun, las calizas sacaroideas y laminares. Los mármoles de Carrara, los de Paros, los de los Alpes y otros análogos á estos corresponden mas particularmente á los terrenos secundarios. Las calizas compactas de grano fino, los mármoles comunes y los conchíferos pertenecen á los terrenos de sedimento primitivos ó paleozóicos, existiendo en los carboníferos los mármoles negros ó de un gris azulado. En la base de los terrenos jurásicos (terrenos de sedimento secundarios), se encuentran calizas margosas ó calizas del lias, así como en la parte media y superior de estos mismos terrenos se hallan las oolitas constituyendo el piso denominado de la *grande oolita*, las piedras litográficas y las calizas hidráulicas, terminando el terreno jurásico por el piso cretáceo donde están la creta blanca, verde, gris, amarilla, etc.; finalmente, las calizas bastas, las silíceas y los llamados faluns ó sean calizas arenosas con gran número de restos fósiles de conchas, corresponden á los terrenos terciarios. Aquellas otras calizas que no forman grandes masas, sino que se presentan en pequeños ejemplares, se hallan en diferentes puntos; así por ejemplo, el espato de Islandia y las demás calizas cristalizadas existen tapizando las geodas de ciertas calizas, ó bien en los amigdaloides que forman parte de la indicada Islandia ó de otras localidades, y tambien en filones metalíferos y asociadas á la galena y á la blenda. Las estalactitas, las estalagmitas y los alabastros calizos se encuentran en las grutas ó cavernas que hemos descrito en el tratado de formas accidentales.

La nacion de Europa mas rica en mármoles es sin disputa la Italia; sin embargo, en España existe tal variedad de mármoles que en realidad no tiene por qué envidiar á la nacion citada; tenemos mármoles de un blanco puro en Córdoba, grises en Toledo, mármoles isabela en Tortosa, blancos y verdes en Granada, negros en Murviedro y otros muchos puntos que pudieran enumerarse, supuesto que no hay provincia en España en que no exista alguna de las variedades de mármoles. En el museo de Historia natural de Madrid figura una coleccion numerosa de mármoles procedentes de varias provincias, tales como las de Granada, Tarragona, Córdoba, Málaga, Valencia, Leon, Toledo, Ciudad Real, Sevilla, Murcia, Cuenca, etc., etc.

USOS DE LAS CALIZAS.—Numerosas y variadas son las aplicaciones de estos minerales en la ciencia, industria, artes, construccion, etc. Las variedades cristalizadas, á causa de la multitud de formas que presentan, sirven de adorno y estudio en las colecciones mineralógicas; el espato de Islandia, como sabemos, lo usan en Física para la construccion de los electróscopos, y en la misma Física y Mineralogía para estudiar los fenómenos de la refraccion y polarizacion de la luz. Los mármoles de Carrara, el azul turquí, el cipolino, y todos los demás mármoles y calizas esencialmente compactas y coloreadas, son muy apreciados como materiales de ornamentacion en arquitectura y para la construccion de estatuas; los alabastros y lumaquelas se destinan para objetos de lujo y de adorno; las fibrosas sirven en Inglaterra para construir joyas y collares formados de perlas esféricas; la caliza compacta y mas ó menos porosa es la base de la litografía. Las calizas compactas pertenecientes á los terrenos jurásicos y terciarios suministran las mejores piedras de sillería, siendo desde luego las mas estimadas bajo este punto de vista, no solo por su abundancia, sino por su fácil talla y porque resisten muy bien la influencia de los agentes atmosféricos. Es notable entre nosotros la célebre caliza de Colmenar (Madrid) tan empleada en la corte, como lo prueba el palacio real y otros edificios notables. La piedra general de construccion en Paris es una caliza bastante conchífera correspondiente al terreno terciario; el famoso *travertino* de los alrededores de Roma con el que se han edificado muchos monumentos de Italia, no es mas que una toba caliza de agua dulce que pertenece á la época terciaria.

Todas las calizas compactas se usan inmediatamente en la fabricacion, luego que han sido extraidas; las demás variedades que se destinan tambien para este objeto, y que son mas ó menos porosas, necesitan estar expuestas al aire por

(1) Véanse Arcillas.

espacio de meses y aun de años para que pierdan el agua llamada de cantera. Por lo comun, estas variedades son muy blandas cuando se extraen del terreno donde se encuentran, pero tienen la propiedad de endurecerse en contacto del aire. Las cretas se usan para obtener el clarion ó blanco de España que se emplea en los encerados ó en el dibujo; se usa tambien en la pintura al temple y para limpiar el cristal y ciertas sustancias metálicas. Finalmente, las calizas margosas sirven de abono en la agricultura, á causa de que sus fragmentos tienen la propiedad de disgregarse y de reducirse á polvo despues de algun tiempo, cuyo polvo contribuye, en contacto del agua, á mejorar ciertas tierras. Las tierras llamadas calizas ofrecen cualidades particulares; teniendo en cuenta sus caractéres físicos, las colocan los agricultores entre las tierras ligeras ó arenosas y las fuertes, siendo, por lo tanto, muy á propósito para dar consistencia á las primeras y para dividir algun tanto á las segundas.

2.ª *sub-especie del carbonato de cal.*—ARAGONITO

CARACTÉRES.—Este mineral, llamado tambien carbonato de cal duro ó prismático y piedra de Santa Casilda, ofrece uno de los ejemplos mas notables y el mas antiguamente conocido de dimorfismo, supuesto que estando compuesto de los mismos elementos y en las mismas proporciones que la caliza (56 de cal y 44 de ácido carbónico) cristaliza, sin embargo, en prismas rectangulares rectos que derivan del prisma romboidal recto. El aragonito jamás se halla en grandes masas; se presenta generalmente cristalizado en prismas exagonales, su fractura es desigual y concoidea, lustre vítreo, incoloro ó bien rojizo, agrisado ó mas ó menos teñido de verde ó azul; posee la doble refraccion con dos ejes ópticos, siendo su dureza mayor que la de la caliza y menor que la de la fluorina, y su densidad relativa de 2,9. A la llama de una bujía ó á la temperatura del rojo oscuro, sobre todo si se echa mano de una aguja de aragonito, se disgrega en partículas que se esparcen en el aire, mientras que un cristal de caliza expuesto á la misma temperatura no ofrece este carácter; si se observan las partículas del primer mineral, se notará que no tan solo han cambiado de densidad y aun de estructura, sino de forma, habiéndose trasformado en una caliza espática. El aragonito se disuelve en el ácido nítrico con efervescencia, aunque esta no es tan intensa como en la caliza, y si se trata la disolucion por el oxalato amónico, se obtiene el precipitado blanco de oxalato de cal.

VARIEDADES.—Se presenta rara vez en cristales romboidales, siendo sus formas mas frecuentes, como se ha dicho, cristales exagonales que resultan de prismas rectangulares profundamente truncados. Los cristales de este mineral casi siempre están unidos de dos en dos, de tres en tres ó mas y en ocasiones cruzados, constituyendo verdaderas maclas. Existen además el aragonito bacilar ó cilindróideo, constituido por cristales prismáticos alargados y comunmente terminados en pirámides; el aragonito acicular ó fibroso, compuesto de agujas ó fibras aisladas ó reunidas entre sí; y el aragonito caroloideo ó *flos-ferri*, especie de concrecion cilindróidea formada de pequeñas agujas cristalinas ó de fibras que se reunen unas á otras y se hallan colocadas oblicuamente alrededor de un eje comun, constituyendo de esta manera ramas mas ó menos redondeadas, que se anastomosan y ramifican á semejanza de las del coral; los mineralogistas antiguos le llamaron *flos-ferri*, porque supusieron que era una especie de vegetacion que tenia por ganga un mineral de hierro; se conoce por último el aragonito concrecionado ó compacto.

YACIMIENTO.—Este mineral se halla en pequeñas masas en los terrenos metalíferos, ó en los de sedimento; asociado al yeso y á arcillas ferruginosas. Se encuentra además en rocas basálticas, serpentínicas, y en aguas termales, bajo cuya influencia se cree que ha tomado la forma prismática. En España existen ejemplares cristalizados de aragonito en Molina de Aragon (Guadalajara), Minglanilla (Cuenca), Calatayud (Zaragoza), Burgos, Pirineos y otros puntos. Los mejores ejemplares de aragonito coralóideo proceden de la Estiria y de Baigorri en los Pirineos.

USOS.—Esta sustancia carece en realidad de aplicaciones; se emplea, sin embargo, en algunos casos para la obtencion del ácido carbónico.

DOLOMIA—CARBONATO DE CAL Y MAGNESIA

Fórmula química $CaO,CO^2 + MgO,CO^2$

CARACTÉRES.—Esta especie, denominada Dolomia por haber sido dedicada al célebre mineralogista Dolomieu, y caliza lenta por la poca efervescencia que produce por la accion de los ácidos, ofrece los caractéres siguientes: cristaliza en el sistema romboédrico, siendo su forma primitiva un romboedro de 106° 15'; cuando se presenta cristalina tiene un lustre nacarado, de donde toma tambien el nombre de espato perlado; es incolora, ó bien ofrece un color gris de perla, amarillo ó rojizo; raya á la caliza y se deja rayar aunque dificilmente por el espato fluor, estando representado su peso específico por 2,8 á 2,9. Por la accion del fuego desprende ácido carbónico sin que llegue á perder su forma; tratada por el ácido nítrico ó clorhídrico á la temperatura ordinaria, produce poca efervescencia, por cuyo carácter se la llama caliza lenta; pero si se auxilia la accion del ácido por medio del calor, se disuelve con efervescencia bastante rápida; si se trata una disolucion concentrada de Dolomia por el ácido sulfúrico, se obtiene un precipitado blanco de sulfato de cal.

COMPOSICION EN PESO

Cal.	30,43
Magnesia.	21,74
Acido carbónico . . .	47,83
	100,00

VARIEDADES.—Cristalizada en romboedros sencillos ó modificados, los que son susceptibles de exfoliarse dando por resultado un romboedro de 106° 15', término medio entre el valor del ángulo diedro del carbonato de cal que es de 105° 5' y el del carbonato de magnesia ó Giobertita que es de 107° 25'. Generalmente estos romboedreos forman verdaderas incrustaciones en la superficie de varias sustancias mineralógicas; en otros casos, se encuentran aislados en las mismas Dolomias metamórficas ó en rocas talcosas. Además de las variedades cristalizadas se conocen las sacaroideas, las compactas, concrecionadas, celulosas y terrosas. Las primeras se parecen á los mármoles de Carrara, constituyendo la subvariedad granular, cuando se componen de un grano fino y bastante unido; son blancas, grises ó amarillentas y se hacen algun tanto flexibles si se las reduce á láminas delgadas, flexibilidad debida á su tejido mas ó menos flojo; estas variedades, que reciben el nombre de mármoles flexibles ó elásticos, se encuentran en los Estados-Unidos y en Inglaterra; la Dolomia compacta consta de una pasta fina y ofrece un color blanco ó amarillo; se la llama tambien piedra de Levante y se la destina para afilar las navajas de afeitar; la concrecionada se presenta en estalactitas ó en masas mamelonadas ó globosas; la granuda ó celulosa ofrece un color

pardo ó amarillento; y la terrosa tiene el mismo aspecto que la creta.

YACIMIENTO.—Las Dolomias cristalizadas se encuentran en los filones ó depósitos metalíferos; tal es lo que se observa en las minas de cobre de Cornouailles y Cumberland, y en las de plata de Guanajuato en México; las variedades sacaroideas existen en los terrenos metamórficos, sirviendo muchas veces de ganga á turmalinas, rejalgar, corindon, etc.; son notables las Dolomias del Campo longo en San Gotardo; las compactas y granudas constituyen capas de mayor ó menor espesor y extension en los terrenos de sedimento primarios y secundarios. En España hay Dolomias en diversos puntos de las provincias de Almería, Málaga, Ciudad Real, Asturias, Burgos, Santander, y en general en todos aquellos sitios en que existen calaminas ó compuestos de zinc.

USOS.—Se emplea como piedra de construccion; algunas de sus variedades mezcladas con arena ó silicatos producen calizas hidráulicas, siendo notables entre otras las de San Sebastian y Valdemorillo que se han usado y se usan con grande éxito como calizas hidráulicas.

WITHERITA—CARBONATO DE BARITA—Fórmula química BaO,CO^2

CARACTÉRES. — Esta especie designada tambien con los nombres de barolita, espato pesado aéreo y piedra mataratones, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto no exfoliable; es incolora y su lustre es vítreo ó lapídeo; raya á la caliza y se deja rayar por el espato fluor, siendo su peso específico de 4,3, esto es, mayor que el de todas las especies que se han descrito; esta densidad justifica los nombres de espato pesado aéreo, y de barolita ó piedra pesada. Sometida la Witherita á la accion del soplete, decrepita, colora la llama de un verde amarillento y se funde en un glóbulo trasparente, que se convierte en opaco por enfriamiento; se disuelve con efervescencia en los ácidos, habiendo desprendimiento de ácido carbónico, por cuyo carácter se la denomina espato pesado aéreo; si se trata la disolucion nítrica, muy diluida en agua, produce con el ácido sulfúrico un precipitado blanco é insoluble en todos los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Barita.	77,67
Acido carbónico. . . .	22,33
	100,00

VARIEDADES.—Cristalizada en prismas exagonales, con diversas truncaduras en las aristas de la base y con apuntamientos que producen dodecaedros triangulares; estas formas suelen presentar estrías trasversales muy profundas y análogas á las del cristal de roca; los cristales de Witherita ofrecen maclas parecidas á las del aragonito. La variedad concrecionada, afecta la forma de riñones ó de esferas de un diámetro de cuatro pulgadas, siendo su estructura acicular ó fibroso-radiada.

YACIMIENTO.—Se encuentra en vetas escasas en las minas de plomo de Inglaterra, donde fué descubierta por el doctor Withering á quien la dedicó Werner, y de aquí el nombre de Witherita. Existe además en filones de hierro y auríferos de Siberia y de la Estiria, en Salzburgo, Silesia y otros sitios del extranjero. En España la tenemos, segun el señor Naranjo, en Garlitos y Abenijar.

USOS.—Se emplea esta sustancia en Química para la obtencion de la barita y sus sales, y en algunos puntos de Inglaterra la destinan para destruir los ratones y otros mamíferos pequeños, por lo que se les llama tambien «piedra mata-ratones.»

ESTRONCIANITA—CARBONATO DE ESTRONCIANA—Fórmula química STO, CO^2

CARACTÉRES.—Esta especie, que es isomorfa con el aragonito y Witherita, es muy escasa en la naturaleza. Pocas veces cristaliza, y se presenta, por lo comun, en masas fibrosas ó aciculares que se derivan del prisma romboidal recto; su color es blanco, verdoso ó amarillo, lustre vítreo y refraccion con dos ejes; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico de 3,6 á 3,8. Por la accion del soplete pierde el ácido carbónico y se convierte en óxido de estroncio, notándose al propio tiempo una luz purpúrea, si el ensayo se efectúa sobre el carbon y en la oscuridad; se disuelve con efervescencia en el ácido nítrico, y la disolucion, cuando no está muy dilatada en agua, produce con el ácido sulfúrico un precipitado blanco.

COMPOSICION EN PESO

Estronciana.	67,5
Acido carbónico. . .	30.
Cal.	2,3
Oxido de manganeso. .	0,1
Agua.	0,1
	100,0

VARIEDADES.—La forma cristalina mas frecuentemente es un «prisma exagonal» truncado en las aristas de la base, cuyos prismas pueden estar aislados ó agrupados, á semejanza de los del aragonito. Existen además las variedades «aciculares y fibrosas» compuestas de agujas muy finas entrelazadas, brillantes, frágiles y de un color amarillo-verdoso.

YACIMIENTO.—Se encuentra en el Cabo de Estroncio (Escocia) de donde toma el nombre de «estroncianita,» en cuyo punto está en un filon de galena que atraviesa capas de gneis, y asociada á la baritina y á la caliza espática. Se encuentra tambien en Salzburgo, en Braünsdorf (Sajonia), y segun Humboldt, en Popayan (Perú).

USOS.—Se la destina para la extraccion del óxido de estroncio y de sus sales, empleándose tambien en la pirotecnia por el color rojo purpúreo que produce al arder.

GÉNERO—SULFATO

Comprende minerales que, cuando se les pone á la accion del soplete, mezclados con el carbon y carbonato de sosa, tienen la propiedad de fundirse, desprendiendo la materia fundida un olor de huevos podridos, si se la trata por agua ligeramente acidulada. Puede dividirse este género, del mismo modo que el carbonato, en dos secciones, á saber: 1.° «sulfatos solubles» en el agua á la temperatura y presion ordinaria, y en menos de 400 veces su volúmen; 2.° «sulfatos insolubles (1).»

ACIDO SULFÚRICO—Fórmula química SO^3

CARACTÉRES.—Este cuerpo, que se designa vulgarmente con el nombre de «aceite de vitriolo,» es un líquido incoloro, inodoro, de consistencia oleaginosa ó aceitosa, sabor agrio intenso, de una densidad relativa representada

(1) Antes de entrar en el estudio de estos compuestos, creemos conveniente describir el ácido sulfúrico, que es el principio electro-negativo de todos los sulfatos.

por 1,83. Enrojece fuertemente la tintura de tornasol, ennegrece y destruye las materias vegetales; hierve á 325° y se solidifica á 35° bajo cero; tiene grande afinidad para con el agua, y sus disoluciones en este líquido producen un precipitado blanco por medio del nitrato ó cloruro bárico, cuyo precipitado es insoluble en todos los ácidos.

YACIMIENTO.—Se encuentra el ácido sulfúrico disuelto en algunas aguas procedentes de terrenos volcánicos, tales son entre otras las aguas del llamado *rio vinagre*, que nace del volcan de *Puraze* y en el páramo de Ruiz (Nueva Granada): se halla tambien en el lago Idien (Java) y en algunas grutas ó cavernas volcánicas de Toscana.

USOS.—El ácido sulfúrico que existe en la naturaleza no tiene aplicaciones de ningun género; no así el obtenido artificialmente mediante la combustion en cámaras de plomo de ocho partes de azufre y una de nitro ó nitrato de potasa; este cuerpo puede decirse que sirve para obtener todos los demás ácidos conocidos; se emplea para preparar la sosa artificial, los alumbres, las bujías esteáricas y otra multitud de productos, llegando algunos á medir el estado y desarrollo de la industria de las diversas naciones por el mayor ó menor consumo que hagan de ácido sulfúrico.

PRIMERA SECCION—SULFATOS SOLUBLES

Se incluyen en esta seccion minerales inodoros, de sabor amargo ó cáustico pero nunca esencialmente metálico. Sus disoluciones dan por medio del nitrato ó cloruro bárico un precipitado blanco é insoluble en los ácidos. Las especies principales que se comprenden en esta seccion son las siguientes: Thenardita, exantalosa, glauberita, epsomita, alunogena, alumbre del comercio, alumbre de pluma y mascagnina.

THENARDITA—SULFATO DE SOSA ANHIDRO—Fórmula química NaO, SO^3

CARACTÉRES.—Esta sustancia, descubierta por don Rafael de Rodas en Espartinas, cerca de Aranjuez (Madrid), analizada y dedicada por Casaseca al célebre químico Thenard, ofrece los caractéres siguientes: cristaliza en un octaedro romboidal mas ó menos prolongado, que deriva de prisma romboidal recto; estos cristales presentan cierta trasparencia cuando son recientes, pero á poco se eflorescen y se vuelven opacos en su superficie exterior; su peso específico es de 2,7. Mineral poco soluble que no da agua por la elevacion de temperatura; eflorescente cubriéndose los cristales al cabo de algun tiempo de un polvo blanquizco, que separado por medio de un cepillo, se observan los cristales completamente trasparentes.

COMPOSICION EN PESO

Sosa.	44
Acido sulfúrico. . .	56
	100

YACIMIENTO.—Existe en masas ó costras cristalinas en Espartinas cerca de Aranjuez (Madrid), cuyas costras llaman los naturales del país *mineral compacto*; se halla tambien, aunque en pequeñas cantidades, en las aguas de los mares y en algunas fuentes ó manantiales salados. Su yacimiento en realidad puede decirse que es el mismo que el de la *exantalosa*, cloruro de sodio y otros minerales alcalinos.

USOS.—Se emplea como purgante, para la obtencion del carbonato de sosa y para fabricar el vidrio.

EXANTALOSA—SULFATO DE SOSA HIDRATADO—Fórmula química NaO, SO^3 + 10 HO

CARACTÉRES.—La *exantalosa*, llamada así por ser un mineral muy eflorescente, se la designa tambien con los nombres de sal admirable y sal de Glaubero. Se presenta cristalizada en un prisma romboidal oblicuo derivado del quinto sistema; es blanca, trasparente y de un brillo vítreo si es pura; pero en contacto del aire pierde estas propiedades y se convierten en eflorescencias. Su peso específico es de 1,4, sabor amargo y algun tanto salado. Mediante la accion del fuego se funde con bastante facilidad; da agua por la elevacion de temperatura, y tratada la disolucion acuosa por el cloruro ó nitrato bárico, se produce un precipitado blanco (sulfato de barita).

COMPOSICION EN PESO

Sosa	35,00
Acido sulfúrico. . . .	44,80
Agua.	20,20
	100,00

VARIEDADES.—Se presenta en pequeñas masas terrosas ó eflorescentes y de color blanco mas ó menos agrisado.

YACIMIENTO.—Se encuentra en eflorescencias en las lavas del Vesubio y del Etna y en las rocas traquíticas mas ó menos alteradas del azufral de Pozzuolo. Los verdaderos depósitos de este mineral existen realmente en España, en donde se presenta en capas regulares intercaladas entre otras de yeso, arcilla y margas del terreno terciario. Existe la exantalosa en Cerezo y Alcanadre (Burgos), Cabezon de la Sal (Santander), Calatayud (Zaragoza), Aranjuez, Cienpozuelos, Colmenar de Oreja y Chinchon (Madrid).

Hay fábricas destinadas á la elaboracion en grande de esta sal en Cienpozuelos, Chinchon, Calatayud, Chamberí, Villarrubia de Santiago y otros puntos, que dan mas de 40,000 quintales métricos de producto.

USOS.—Se emplea este cuerpo para la preparacion de la sosa artificial, fabricacion del vidrio y del cristal; en Medicina se usa como purgante.

GLAUBERITA—SULFATO DE SOSA Y DE CAL—Fórmula química, NaO, SO^3+CaO, SO^3

CARACTÉRES.—Este mineral que ha sido dedicado á Glauber y que se denomina tambien Polyalita de Vic, ofrece por forma primitiva un prisma romboideal oblicuo del quinto sistema, siendo los cristales recientes mas ó menos diáfanos, pero se vuelven opacos á poco tiempo de estar en contacto del aire; su color es el blanco amarillento, lustre céreo, raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 2,7. Decrepita por la accion del fuego, y se funde en esmalte blanco; es muy soluble en el agua, perdiendo su trasparencia y cubriéndose de una ligera capa blanquecina de sulfato de cal, tan luego como se la introduce en el citado líquido.

COMPOSICION EN PESO

Sulfato de sosa.	51
Idem de cal.	49
	100

YACIMIENTO.—Por lo general está unida á la sal comun, siendo el criadero mas abundante el de Villarrubia de los Ojos (Toledo), en cuyo punto, de la misma manera que

en Vic (Francia), en Berchtesgaden (Baviera), y cerca de Iquique (Perú), se hallan cristales amarillos ó rojizos, y diseminados en una arcilla ferruginosa ó en el yeso, sal comun ó sulfato de sosa; tambien se han encontrado cristales trasparentes é incoloros en las minas de Cienpozuelos y Chinchon.

USOS.—Son idénticos á los consignados en las especies anteriores.

EPSOMITA O SAL DE CALATAYUD — SULFATO DE MAGNESIA HIDRATADO—Fórm. quím. $MgO, SO^3 + 7HO$

CARACTÉRES.—Este mineral que recibe además los nombres de *Sal de la Higuera*, de *Vacia-Madrid*, *Sal amarga*, *Sal de Epsom*, *Sal de Inglaterra*, *Sal de Sedlitz*, etc., ofrece por forma primitiva un prisma recto romboidal correspondiente al tercer sistema; es incoloro, trasparente, de lustre vítreo y sedoso, muy frágil, color blanco, siendo su peso específico de 1,7; se efloresce expuesto al aire y tiene un sabor amargo intenso. Se funde á temperatura poco elevada, y produce agua por la calcinacion: se disuelve en la mitad de su peso de agua caliente y en dos del mismo peso en agua fria, á la que comunica su sabor especial; es insoluble en los ácidos, y si se somete la disolucion acuosa á la accion del nitrato bárico, da lugar á un precipitado blanco (sulfato de barita). Expuesta una disolucion concentrada de Epsomita á la temperatura ordinaria, produce cristales que afectan la forma de prismas rectos romboidales.

COMPOSICION EN PESO

Magnesia.	16,20
Acido sulfúrico.. . . .	34,07
Agua.	47,20
Cal.	2,10
	99,57

VARIEDADES.—Se presenta, por lo comun, en masas fibrosas, bacilares ó aciculares, traslúcidas y aun trasparentes y de lustre vítreo-sedoso, parecido al de las variedades fibrosas de yeso; existen tambien eflorescencias de esta sustancia en las galerías de ciertas minas.

YACIMIENTO.—Se halla la Epsomita ó sal de Calatayud en los terrenos terciarios, acompañada de la sal comun y del yeso, y en ciertas pizarras magnesianas que llevan piritas de hierro mas ó menos alteradas. Se encuentra este mineral en España, en forma de agujas de aspecto sedoso, en Calatayud (Zaragoza), Vacia-Madrid (Madrid), Hellin (Albacete), Tembleque (Toledo), y otros puntos. Se halla tambien disuelto en aguas de estas mismas localidades, así como en las de Epsom (Inglaterra), Sedlitz y Egra (Bohemia); por último, existe la Epsomita en estalactitas ó concreciones mamelonadas, teñidas de color sonrosado por el sulfato de cobalto en ciertos puntos de Hungría; y en eflorescencias salinas en la superficie de ciertas pizarras de la Suiza y de Saboya.

USOS.—Se emplea la Epsomita ó «sal de la Higuera,» como purgante, haciéndose de ella un gran consumo, supuesto que no hay mas que recordar el uso que tienen las renombradas aguas de Sedlitz. Sirve además este cuerpo para la extraccion de la magnesia y sus sales.

La especie mineralógica denominada *Astracanita*, que se presenta en cristales prismáticos, blancos y completamente opacos en los lagos salados y amargos en la desembocadura del rio Volga, está constituida por el sulfato de magnesia y de sosa, cuya sal contiene en 100 partes, 21 de agua.

ALUNOGENA—SULFATO DE ALUMINA
Fórmula química $Al^2O^3 3SO^3 + 9HO$

CARACTÉRES.—Este mineral no se halla cristalizado en la naturaleza, presentándose, por lo general, en pequeñas masas, ó bien en fibras, escamas ó borlas en la superficie exterior de ciertas rocas; su color suele ser el blanco verdoso ó amarillento á causa de que casi siempre está mezclado con el sulfato ferroso, por lo que constituye tambien el «alumbre de pluma» en parte. Sabor astringente intenso, y muy soluble en el agua de cal.

COMPOSICION EN PESO

Alumina.	16,76
Acido sulfúrico. . . .	39,94
Agua..	36,44
Alumbre potásico. . .	4,58
Sulfato ferroso. . . .	1,94
	99,66

VARIEDADES.—Existe la alunogena *fibrosa*, compuesta de pequeñas masas apezonadas, de estructura fibroso-radiada, ó sea formada por agujas que divergen del centro á la circunferencia; la variedad *escamosa*, formada tambien de pequeñas masas, constituidas por laminillas algun tanto nacaradas y sobrepuestas unas á otras de un modo confuso.

YACIMIENTO.—Se encuentra en los volcanes llamados *azufrales*, resultando muchas veces de la descomposicion ó alteracion que experimentan ciertas traquitas en contacto del hidrógeno sulfurado ó del ácido sulfuroso. Se forma tambien la alunogena en los lignitos ó pizarras arcillosas que llevan piritas de hierro.

USOS.—Mezclado este mineral con el sulfato de potasa, sulfato de amoniaco, de sosa, de hierro, etc., se emplea para beneficiar las diferentes clases de alumbre

ALUMBRE COMUN Ó ALUMBRE DEL COMERCIO —SULFATO DE ALUMINA Y DE POTASA HIDRATADO
Fórmula química $KO,SO^3 + Al^2O^3, 3SO^3 + 24HO$

CARACTÉRES.—El alumbre comun se disuelve en 18,4 partes de agua fria y en 0,75 de agua hirviendo. Cristaliza por enfriamiento en octaedros, derivados del sistema cúbico, los cuales pueden estar aislados ó reunidos formando especies de columnas erizadas de puntas cristalinas; se obtiene tambien cristalizado en cubos, valiéndose de una disolucion comun de alumbre, saturada á 50°, y poniendo en ella carbonato de potasa; en este caso se precipita un subsulfato de alumina, que se disuelve tan luego como se mueve el líquido. Enfriado este, el alumbre adquiere otra vez su verdadera composicion (sulfato de alumina y potasa con 24 equivalentes de agua), pero cristaliza en cubos mas ó menos modificados por las caras del octaedro. Esta variedad se conoce con el nombre de *alumbre cúbico*, que es desde luego mas estimado en el comercio que el octaédrico, porque este último suele contener algo de sulfato de hierro, sustancia muy perjudicial en los tintes, á causa de que altera los matices de los colores. El alumbre, pues, cuando es puro no tiene color de ningun género, pero comunmente se presenta algo rosáceo, debido á una pequeña cantidad de óxido férrico; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 1,7; ofrece al principio un sabor azucarado, y despues muy astringente que recuerda el de la tinta. Expuesto á la accion del calor, pierde su agua de cristalizacion, aumenta de volúmen y se convierte por enfriamiento en una masa

vítrea, llamada *alumbre de roca*. Soluble, como se ha indicado, en la mitad próximamente de su peso de agua caliente, á la cual presta el sabor de tinta, obteniéndose por enfriamiento los cristales octaédricos, que tienen la particularidad de eflorecerse en contacto del aire.

VARIEDADES.—En realidad el alumbre no existe cristalizado en la naturaleza; este mineral se encuentra en eflorescencia ó filamentos en las hendiduras de algunas pizarras arcillosas ó aluminosas, en los azufrales y en los cráteres de ciertos volcanes en actividad, tales como los del Vesubio, Estromboli, etc.

YACIMIENTO.—A pesar de lo indicado anteriormente, esta especie mineralógica se encuentra muy escasa en la naturaleza, pudiendo decirse que solo existe en Pozzuolo (Nápoles), Milo (Archipiélago griego), en los volcanes citados de Estromboli y en el de Vulcano, en algunos desiertos de Egipto y en el Maryland (Estados Unidos).

USOS.—Sirve el alumbre en la tintorería como mordiente para fijar y avivar los colores; se emplea en el curtido de las pieles y para clarificar varios líquidos; entra en la fabricacion de bujías; se usa para preparar el acetato de alumina, que tan útil es en las fábricas de telas blancas; se le destina para preservar las maderas, el papel y otros objetos de la accion destructora de los insectos. Por último, el alumbre deshidratado ó alumbre calcinado se emplea en Medicina como cáustico y astringente, sirviendo esencialmente para destruir las partes fungosas y las excrecencias carnosas.

Existen además otros varios alumbres formados de bases isomorfas con la potasa ó alumina, cuyas bases sustituyendo á estas dan lugar á las especies siguientes:

Alumbre de sosa $NaO,So^3 + Al^2o^3,3So,^3 + 24HO$.

Alumbre de amoniaco $(NH,^3HO) So^3 + Al^2o^3,3So^3 + 24HO$.

En donde se ve que la potasa ha sido reemplazada por la sosa ó por el amoniaco.

Si la alumina es sustituida por los sesquióxidos isomorfos con ella, resultarán los siguientes alumbres:

Alumbre ferro-potásico $KO,SO^3 + Fe^2O^3,3SO^3 + 24HO$.

Alumbre ferro-sódico = $NaO,SO^3 + Fe^2O^3,3SO^3 + 24HO$.

Alumbre ferro-amoniaco $(NH^3HO)\ SO^3 + Fe^2O^3,SO^3 + 24HO$.

Si, por el contrario, la alumina ó sesquióxido de alumino es reemplazada por los sesquióxidos de cromo ó de manganeso, se formarán los alumbres de cromo ó de manganeso, cuyas especies ofrecen caractéres físicos de forma, estructura, dureza, etc., y aun cualidades químicas muy análogas al tipo de los alumbres, ó sea al llamado comun ó del comercio.

El alumbre de sosa se halla en costras fibrosas en los azufrales en las cercanías de Nápoles, en la isla de Milo (Archipiélago griego) y en la provincia de San Juan (América del Sur).

El amoniacal, que se distingue por el olor de amoniaco que desprende cuando se le mezcla con la cal, se encuentra en pequeñas masas, de aspecto vítreo y brillante, en los lignitos de Tschermig (Bohemia), y en el cráter del Etna.

El alumbre de hierro ó alumbre de pluma se presenta en fibras capilares, dotadas de un color blanco-amarillento y de un sabor metálico muy pronunciado, ofreciendo todos los demás caractéres de los otros alumbres, de los cuales se diferencia, sin embargo, por las reacciones características de los minerales de hierro. El inspector de minas Sr. Naranjo, dice que la alunita fibrosa ó el ejemplar de gran tamaño, procedente de Mazarron, que fué regalado á la Escuela de minas por el Sr. D. Lino Peñuelas, ofrece tres zonas diferentes: la primera, que tiene todos los caractéres del alumbre, consta de fibras blancas, sedosas, curvilíneas, y cuya longitud es de 0,060 metros hasta 0,100 metros; la segunda, compuesta de fibras mas cortas y muy encorvadas por uno de sus extremos, siendo el color blanco y á veces azul; la tercera zona está constituida, segun el Sr. Naranjo, por el verdadero alumbre de pluma, de color amarillo y de estructura fibrosa y concrecionada.

MASCAGNINA—SULFATO DE AMONIACO HIDRATADO

Fórmula química $(NH^3,HO)\ SO^3 + 2HO$

CARACTÉRES.—Se presenta este mineral sólido, blanco, siendo muy amargo y picante á la vez. Puede cristalizar en prismas exagonales apuntados por pirámides de seis caras, cristalizacion análoga á la de algunas variedades de la Witherita: es soluble en el agua, y si se trata la disolucion por la potasa, sosa ó cal cáustica, se desprende el olor de amoniaco. La mascagnina, expuesta en contacto del aire, á la temperatura ordinaria, es inalterable, pero se eflorece á la accion del aire caliente.

COMPOSICION EN PESO

Amoniaco.. . . .	22,6
Acido sulfúrico. . .	53,1
Agua.	24,3
	100,0

YACIMIENTO.—Se halla la mascagnina disuelta en ciertos *lagonis* de la Toscana, ó bien, existe en las lavas recientes de ciertos volcanes, tales como los del Etna y del Vesubio, y tambien en el azufral de Pozzuolo.

SEGUNDA SECCION—SULFATOS INSOLUBLES

Se comprenden en esta seccion todas aquellas especies que son insolubles en el agua á la temperatura y presion ordinaria, y en menos de cuatrocientas veces su peso, siendo al propio tiempo inatacables por los ácidos. Expuestas al fuego de reduccion, desprenden olor hepático ó de huevos podridos. Se incluyen en este grupo las siguientes especies: alunita, websterita, yeso, anhidrita, baritina y celestina.

ALUNITA—SULFATO DE POTASA Y SUB-SULFATO DE ALUMINA

Fórmula química $KO,SO^3,\ 3\ Al^2O^3,3SO^3, + 6HO$

CARACTÉRES.—Este mineral, llamado tambien *piedra de alumbre* ó *piedra aluminosa de Tolfa*, se presenta, por lo comun, en masas compactas, blancas ó sonrosadas, y rara vez en masas fibrosas, de dureza variable y de un peso específico representado por 2,6. En algunos ejemplares compactos suelen observarse pequeños cristales, cuya forma dominante es un romboedro agudo. Varios mineralogistas creen que la alumina en vez de ser una especie bien definida, no es otra cosa que una roca feldespática alterada, que contiene en sus hendiduras cristales pequeños de este mineral.

COMPOSICION EN PESO

Alumina.	37,2
Potasa..	11,3
Acido sulfúrico. . . .	38,5
Agua.	13
	100,0

YACIMIENTO.—Existe la alunita en terrenos traquíticos de la Hungría, Estiria, Mont-Dore (Francia), en la Tolfa

(Estados romanos). En España existe en Mazarron (1) (Murcia), Alcañiz (Teruel) y otros puntos.

USOS.—La alunita se emplea para la obtencion del alumbre comun, siende desde luego la mas importante y estimada para este objeto la alunita de la Tolfa, de la cual se extrae el célebre *alumbre de Roma*, que es mucho mejor que el obtenido de otras variedades, porque no contiene óxido de hierro en estado soluble. Hoy, sin embargo, se obtiene alumbre artificial idéntico al de Roma: basta para ello echar en una disolucion de alumbre comun una corta cantidad de carbonato potásico, cuya sustancia precipita parte del sub-sulfato de alumina: agitando despues el líquido resultante, y exponiéndolo á la accion del aire, se disuelve de nuevo el sub-sulfato de alumina, y se precipita, por el contrario, el óxido férrico que contenga el alumbre comun empleado: si se evapora inmediatamente el líquido, resulta un depósito de alumbre cristalizado en cubos. Los minerales que se usan entre nosotros para la fabricacion del alumbre, proceden de las localidades españolas indicadas.

WEBSTERITA—SUB-SULFATO DE ALUMINA

Fórmula química $3Al^2O^3,SO^3+9HO$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, designada tambien con los nombres de *aluminita* y *halita*, se presenta terrosa, de un color blanco mate, suave al tacto á la manera que la creta, se adhiere á la lengua, estando representado su peso específico por 1,7. Se funde con dificultad al soplete, y se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico.

COMPOSICION EN PESO

Alumina.	30
Acido sulfúrico..	23
Agua.	47
	100

YACIMIENTO.—Se encuentra esta especie en la parte inferior de los terrenos terciarios, hallándose, por lo comun, en venas ó riñones en las arcillas plásticas y acompañada casi siempre del lignito y yeso. Existe en Halle (Sajonia), de donde toma el nombre de Hallita: fué descubierta por Webster en New-Haven (Inglaterra), por lo que se denomina Websterita; se halla tambien en Bernon y en Auteuil (Francia).

YESO—SULFATO DE CAL HIDRATADO—Fórmula química

CaO,SO^3+^2HO

CARACTÉRES.—Esta especie, que es una de las mas comunes y mas importantes del género sulfato, se la llama tambien espejuelo por su mayor ó menor trasparencia, y selenita, porque una de sus variedades presenta un lustre nacarado análogo al de la luna. Se caracteriza muy bien el yeso teniendo en cuenta las propiedades esenciales siguientes: su forma es un prisma rectangular oblicuo, que deriva del quinto sistema; color, por lo comun, blanco, habiendo tambien ejemplares rojizos, amarillentos ó mas ó menos agrisados, cuyas coloraciones se deben casi siempre al óxido de hierro ó arcillas ferruginosas; constituye el segundo tipo de la escala relativa de Mohs, siendo tan blando que se deja rayar con mucha facilidad por la uña; su peso específico es de 2,2 á 2,3. Mediante la accion del fuego pierde las tintas que tenga, se blanquea y se convierte en la sustancia denominada yeso vivo, y si se hace el experimento con un ejemplar de la variedad cristalizada, decrepita y se reduce por último á polvo en contacto del aire. Colocado en un tubo de ensayo, da agua por la accion del calor, y si se emplea el soplete, se convierte, aunque difícilmente, en un esmalte blanco que se reduce á polvo en contacto del aire. El yeso es soluble en una gran cantidad de ácido hidroclórico, produciendo la disolucion un precipitado blanco por medio del nitrato de barita; se disuelve tambien en gran cantidad de agua y constituye las llamadas aguas yesosas ó selenitosas.

COMPOSICION EN PESO

Cal.	46,49
Acido sulfúrico.. . . .	32,64
Agua.	20,87
	100,00

VARIEDADES.—Se presenta el yeso en tablas rectangulares ó romboidales oblicuas, biseladas en sus bordes, á cuya variedad Haüy denominó trapeziana; estos cristales se exfolian con facilidad y dan orígen á láminas trasparentes, incoloras ó de un blanco lechoso, pero pierden con frecuencia la diafanidad y se vuelven traslucientes, conservando esta cualidad aun los ejemplares de algun espesor; dichas láminas se conocen con el nombre de espejuelo. La variedad lenticular que resulta del redondeamiento de los ángulos sólidos ó aristas de los ejemplares tabulares; en algunos casos los cristales lenticulares ofrecen gran magnitud, se unen por sus bordes y dejan un espacio en la parte superior, formando de este modo la sub-variedad hemitropiada, designada por Haüy con el nombre de «yeso en lanza ó yeso en flecha.» La variedad laminar, que presenta un lustre nacarado análogo al de la luna y de aquí «selenita» como se ha indicado. El yeso fibroso, compuesto de fibras rectas ó contorneadas y de lustre sedoso ó nacarado. La variedad sacaroidea ó laminar, de estructura de grano muy fino, parecido al del mármol de Carrara; esta variedad se conoce en las artes con el nombre de alabastro yesoso, de donde nace la frase vulgar de blanco como el alabastro; se distingue del alabastro calizo ú oriental por su blandura, traslucidez y porque no produce efervescencia con los ácidos. La variedad compacta ó yeso basto, es la que se destina generalmente á la construccion; es mas bien granudo-laminar que compacta, de un color blanco sucio, amarilla ó agrisada y de fractura astillosa. La variedad niviforme ó yeso niviforme, consta de granos agregados entre sí á la manera que los cristalitos de la nieve; estos granos son de un blanco puro, lustre nacarado y cuando se oprimen entre los dedos producen un crujido particular.

YACIMIENTO.—El sulfato de cal hidratado ó yeso se encuentra en toda la serie sedimentaria ó neptúnica, ó sea desde los terrenos paleozóicos ó primarios hasta los terciarios; en estos terrenos se presenta ya en grandes capas de orígen neptúnico, ya en depósitos metamórficos y relacionados con la serpentina, pórfidos, azufre, sal comun y rocas dolomíticas. El yeso se halla en los terrenos terciarios en capas que alternan con las de otros minerales; así, por ejemplo, en el célebre depósito que existe en Montmartre, cerca de Paris, y que pertenece al piso inferior del citado terreno, se encuentran todas las variedades de yeso desde la cristalizada hasta la niviforme, acompañadas de margas mas ó menos yesosas, donde se han hallado multitud de restos fósiles, pertenecientes á la clase de los mamíferos, y de los cuales se

(1) La variedad de alunita fibrosa ó alumbre de pluma, descrita anteriormente, corresponde á esta localidad, en donde se halla unida á la alunita.

valió Cuvier para fundar la ciencia paleontológica. Esta especie la tenemos muy abundante en diversas provincias de España; así, que existen yesos en el terreno terciario de Madrid, la Mancha, Cataluña, Valladolid y en casi todas las provincias; hay yesos en el terreno triásico de Albacete y de Tarragona; así como se encuentra metamórfico en Sierra-Nevada, Marbella, Badajoz y otros puntos; por último, Naranjo ha encontrado yesos subordinados á rocas ígneas y basálticas, en las aguas sulfurosas de Gayangos, y Vilanova le cita como metamórfico en el terciario de Picasent (Valencia).

USOS.—Las variedades trasparentes ó traslúcidas, como el espejuelo y la selenita, las destinaban antes y aun se las emplea en la actualidad para la construccion de vidrieras de los templos; la variedad que los antiguos designaban con el nombre de *fengita*, es decir, cuerpo brillante, no era otra cosa sino un yeso traslúcido análogo al alabastro, cuya variedad sirvió para fabricar el templo de la *Fortuna leia*, edificio que carecia de ventanas y solo estaba iluminado por la suave luz que pasaba á través de sus muros. Las variedades fibrosas se tallan para la construccion de collares y pendientes, que aunque de buena vista, ofrecen la particularidad de ser muy frágiles; para evitar su destruccion por el roce, se les cubre con una capa de cristal. El yeso sacaroideo ó alabastro yesoso, se usa en la escultura con preferencia á los mármoles y jaspes, porque no cuesta tanto su talla. Mezclado con gelatina ó cola fuerte y materias colorantes sirve para la obtencion de los estucos y escayolas que se emplean en la decoracion para imitar los mármoles y jaspes. El yeso que se usa en las construcciones y en el modelado se obtiene calcinando las variedades compactas, las terrosas y aun las mezclas con otros minerales; el fuego que se emplee en esta operacion ha de ser lento y regular, porque si fuese demasiado activo, se calcinaria el yeso que ocupa la parte inferior del horno ó cobertizo destinado al efecto. Luego que termina la calcinacion, lo que se conoce por el aspecto que presente la materia, se separan los fragmentos que están demasiado cocidos y aquellos otros cuya calcinacion ha sido incompleta, el resto se reduce á polvo por medio de la percusion, y pasando este polvo por un tamiz, se obtiene el yeso á propósito para la construccion. Para saber si está bien calcinado, no hay mas que observar si es untuoso al tacto, si se adhiere á la mano y desprende gran cantidad de calor tan luego como se le amasa con agua; estas particularidades dependen de la atraccion y solidificacion de dos equivalentes de agua que el yeso calcinado necesita para pasar otra vez al estado de hidrato, adquiriendo en este caso una dureza que no presenta en su estado anterior. Se usa además este mineral para el modelado de estatuas, vaciado de bustos y medallas, blanqueo de las habitaciones; para la pintura al temple de ventanas y puertas cuando se le mezcla con agua de cola y añil. Por último, se emplea el yeso en agricultura, como abono de ciertas tierras, á causa de que este cuerpo se disgrega fácilmente por la accion del agua y medios mecánicos; se utiliza en terrenos no calizos y sitios húmedos, y en proporciones que no pasen de 0,05 por 100 de ensayado, siendo en este caso muy á propósito para el desarrollo de la alfalfa y otras plantas leguminosas que sirven de pasto á ciertos mamíferos.

ANHIDRITA—SULFATO DE CAL ANHIDRO Ca,SO^3

CARACTÉRES.—La anhidrita, denominada tambien Karstenita por haber sido dedicada á Karsten, se presenta rara vez cristalizada en un prisma rectangular recto, siendo lo mas frecuente encontrarla en masas laminares incoloras, ó bien de color rosáceo, violado ó azulado, lustre cristalino, siendo su dureza superior á la de la caliza é inferior á la del espato fluor, y su peso específico de 2,8 á 3. Por medio de la accion del fuego no se blanquea ni da agua como sucede en la especie anterior; se funde, aunque con mucha dificultad, en un esmalte blanco; la anhidrita es muy poco soluble en el agua.

COMPOSICION EN PESO

Cal.	58,8
Acido sulfúrico.	41,2
	100,0

VARIEDADES.—Como se ha dicho, son muy raras las variedades cristalizadas en prismas rectangulares rectos; se halla, por lo comun, en masas laminares que se exfolian en tres direcciones distintas, dando por resultado la forma regular indicada. La variedad fibrosa, formada de fibras rectas y de color rojo de ladrillo ó de carne; la sacaroidea, de estructura laminar ó de grano fino, de color azul celeste y análoga á los mármoles estatuarios, por lo que se llama mármol azul de Wurtemberg; si los ejemplares de la variedad sacaroidea llevan una corta cantidad de sílice, dan la subvariedad que se designa con el nombre de *vulpinita* ó *bardigliona*, mientras que se la denomina *muriacita* si contienen sal comun.

YACIMIENTO.—La Karstenita se halla en masas irregulares en los terrenos de sedimento que contienen sal comun, yeso ú otros sulfatos; así que, por lo general, existe en pisos posteriores á los del yeso, siendo resultado algunas de sus variedades del mismo yeso que ha perdido sus dos equivalentes de agua, habiéndose convertido en sulfato de cal anhidro. Existe la Karstenita en el Tirol, en ciertas localidades de los Alpes, Wurtemberg, Vulpino (Toscana), y en Nueva Escocia en union con margas irisadas. En España se encuentra en las Herrerías (Vizcaya), y segun Baranda, en la isla de Luzon (Filipinas).

USOS.—En algunos sitios, como Wurtemberg y Milan, emplean la anhidrita como piedra de construccion y para sustituir á los mármoles. Se conoce una variedad de estos llamada mármol de Bérgamo ó *bardiglio*, que se emplea para mesas, jambas de chimenea, etc.

BARITINA O ESPATO PESADO—SULFATO DE BARITA—Fórmula química BaO,SO^3

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica, designada tambien con los nombres de fósforo de Bolonia, piedra pesada, etc., ofrece los caractéres esenciales siguientes: su forma primitiva es un prisma recto romboidal, que puede exfoliarse con facilidad en direccion paralela á las bases y caras del prisma; color blanco agrisado, mezclado, por lo general, de tintas rojas, amarillas ó parduscas, y brillo vítreo ó lapideo; esta sustancia raya á la caliza y se raya por el espato fluor, y su peso específico de 4,5 á 4,7, siendo, por lo tanto, el mineral mas pesado de todos los lapideos. Por medio del soplete se funde con muchísima dificultad en esmalte blanco; si se la mezcla con la sosa produce sulfuro de bario, y al fundirse en la pinza comunica á la llama del soplete un color amarillento rojizo; insoluble en el agua y en los ácidos é inatacable por los carbonatos alcalinos.

COMPOSICION EN PESO

Barita.	65,7
Acido sulfúrico.	34,3
	100,0

VARIEDADES.—La baritina puede decirse que es la especie que presenta mayor número de variedades cristalinas, exceptuando, no obstante, á la caliza; así que el célebre Haüy describe hasta veinticuatro formas diferentes. Los cristales de barita ofrecen, por lo general, la forma de tablas rectangulares modificadas casi siempre en sus aristas, ó bien octaedros alargados ó prismas rectos de base romboidal, ó tablas romboidales muy sencillas, que representan la forma primitiva de dicho mineral. Todos estos cristales tienen lustre vítreo, incoloros ó algun tanto teñidos de azul rojo á causa del óxido férrico. Además de las variedades cristalizadas se conocen las siguientes: 1.ª baritina de cresta, vulgarmente llamada cresta de gallo; 2.ª la laminar ú hojosa; 3.ª fibroso-bacilar; 4.ª fibroso-rachada; 5.ª compacta; 6.ª sacaroidea, y 7.ª concrecionada. La baritina de cresta está formada por tablas romboidales delgadas y reunidas, por lo general, en la direccion paralela al plano que pasa por las grandes diagonales, imitando por su agrupamiento, aunque de una manera remota, la cresta de un gallo. La variedad laminar ú hojosa consta de láminas grandes ó pequeñas, opacas y de un blanco mate. La fibroso-bacilar está compuesta de fibras gruesas, rectas ó reunidas en hacecillos, siendo de color blanco y de brillo sedoso ó nacarado. La fibroso-radiada, llamada tambien fósforo de Bolonia, á causa de que pulverizada y echada en las ascuas fosforece en la oscuridad, está formada de fibras delgadas que divergen del centro á la circunferencia; esta variedad se presenta globuloso-radiada ó en forma de riñones. La compacta es de color gris claro, semi-trasluciente, ó bien negruzca y bituminífera, hallándose, por lo comun, mezclada con el yeso y espato fluor. La sacaroidea, compuesta de granos muy finos y de color blanco agrisado. Por último, la variedad concrecionada ofrece una subvariedad que ha recibido el nombre de *piedra de tripas*, porque su aspecto es algo análogo al de los intestinos.

YACIMIENTO.—La baritina es un mineral de los filones metálicos; abunda con especialidad en las minas de plomo, plata, mercurio y aun cobre. Se encuentra en casi todos los distritos mineros de Sajonia, Bohemia, Saboya, Hungría, Inglaterra, Francia y otras diversas naciones. En España la tenemos en Almaden (Ciudad Real) acompañando al cinabrio; en Hiende-la-Encina (Guadalajara) en union con las diferentes especies de plata; se encuentra además en las provincias de Teruel, Vizcaya, Cataluña, Madrid, Almería, etc., y en las sierras de Guadarrama, Gador, Sierra Morena, etc.

USOS.—Se emplea en los laboratorios químicos para la obtencion de la barita y las sales de este óxido; entra á formar parte de la composicion de algunos vidrios; se usa como fundente en ciertas fábricas de fundicion de cobre; en algunos puntos la destinan para adulterar el albayalde, sustancia con la que tiene grande analogía. Finalmente, algunos agricultores ingleses dicen que, despues de calcinada, es preferible al yeso, para excitar la vegetacion de las plantas que forman prados artificiales.

CELESTINA—SULFATO DE ESTRONCIANA—Fórmula química STO,SO^3

CARACTERES.—Esta especie tiene grandes analogías con la precedente con la cual es isomorfa. Cristaliza tambien en las mismas formas y presenta iguales variedades de textura y aspecto, hasta tal punto que, estudiada la baritina, puede decirse que se ha estudiado la celestina. Sin embargo, se distinguen, entre otros caractéres, por los siguientes: las tablas romboidales de la celestina ofrecen biseles mas obtusos que los de la barinita; el color, si bien blanco, suele ser tambien azul celeste, de donde toma el nombre de celestina; el peso específico es inferior al de la especie anterior, puesto que está representado por 3,8 á 3,9; por medio del soplete crepita en el primer momento, y despues se convierte en esmalte blanco; por último, tratada por la sosa, produce un sulfuro de estroncio; colora á la llama del soplete de un rojo púrpura, cuando se ha conservado fundida por algun tiempo al fuego de oxidacion, y se la humedece préviamente con ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Estronciana.	56,5
Acido sulfúrico.	43,5
	100,0

VARIEDADES.—Como se ha dicho, existe la variedad cristalizada en prismas rectos romboidales análogos á los de baritina, de los que se separan por sus biseles obtusos; esta variedad suele ser incolora, trasparente, de brillo vítreo y acompañada del azufre. La fibrosa, constituida por fibras que se agrupan entre sí en direccion paralela, de color azul claro, ó bien perla mezclado de azul. La calcarífera, compacta ó terrosa, se presenta en masas tuberculosas, de fractura escamosa ó granular, y cuyo color varía entre el blanco agrisado y el blanco amarillento; algunos riñones pertenecientes á esta variedad han sufrido una especie de retraccion, por lo que se presentan en su interior divididos, á semejanza de la forma irregular denominada *ludus*. La baritífera ó barito-celestina, que está compuesta de masas radiadas ó fibrosas, ó bien en pequeñas capas de los terrenos secundarios ó metamórficos.

YACIMIENTO.—La celestina, cuyas propiedades mineralógicas son tan idénticas á las de la baritina, difiere mucho de esta respecto de los caractéres geológicos. Su formacion es mas reciente, hallándose muy rara vez en los filones metalíferos; tal es lo que se observa en Fassa (Tirol); la celestina no constituye venas en los terrenos graníticos, así es que se encuentra acompañando á rocas basálticas, y, mas especialmente, en los terrenos de sedimento, apareciendo desde luego en estos en aquellos sitios en que desaparece la baritina; pero, á partir de este punto, existe la celestina hasta en los pisos mas superiores de los citados terrenos. Hay variedades de celestina cristalizada en la anhidrita ó vulpinita; se conoce en forma de riñones en ciertas arenas de Bristol (Inglaterra) y en Escocia; existen ejemplares cristalizados en las minas de azufre de Noto y Mazzara en Sicilia, así como en la Católica, próximo á Agrigento. En España se cita en Conil (Cádiz) y Hellin (Albacete).

USOS.—Se emplea en los laboratorios químicos para la obtencion de la estronciana y sus sales.

GÉNERO—FOSFATO

Se incluyen en este género las especies formadas por la union del ácido fosfórico con una ó mas bases metálicas, y que ofrecen los caractéres siguientes: minerales infusibles ó que se funden con mucha dificultad por medio del soplete; son duros, excepto la wavelita, y se disuelven en el ácido nítrico sin efervescencia, cuando se los reduce á polvo. Fundidos con el carbonato de sosa producen una sal soluble en el agua que precipita en blanco por el nitrato de plomo, y en amarillo, por el nitrato argéntico. Comprende este género las siguientes especies: 1.ª fosforita; 2.ª Wavelita; 3.ª Klaprotina; 4.ª turquesa.

FOSFORITA—FOSFATO DE CAL Y FLUO-CLORURO DE CALCIO.—Fórmula química $3CaO, PhO^5 + Ca (ClFl)$

CARACTÉRES.—La fosforita, que tambien se la conoce con los nombres de esparraguina y apatito, es isomorfa con el fosfato de plomo ó piromorfita y con la mimetesa ó arseniato de plomo (1). Presenta por forma primitiva un prisma exagonal sencillo ó modificado que deriva del sistema romboédrico, exfoliable con mucha dificultad, siendo las formas mas comunes prismas exagonales, dodecaedros ó los mismos prismas exagonales apuntados por pirámides tambien exagonales; el color de estos ejemplares es el verde claro, verde amarillo, violado, rojizo ó blanco azulado y de lustre vítreo análogo al de las piedras finas, por lo que se llama apatito, de la palabra griega *(apataio*, yo engaño); raya al espato fluor y se raya por la ortosa, ocupando por esta razon el número 5 de la escala de Mohs; su peso especifico está representado por 3,2; algunas de sus variedades echadas en las ascuas fosforecen en la oscuridad (por lo que se le ha denominado fosforita), produciendo ráfagas luminosas de un color amarillo-verdoso. Se funde con gran dificultad al soplete, y se reduce á cal ú óxido de calcio; se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico, y la disolucion que resulta, da un precipitado blanco, si se la trata por el oxalato amónico.

COMPOSICION *de la de Logrosan, segun el análisis hecho por los señores Peñuelas y Naranjo*

Acido fosfórico.	40,12
Id. hidrofluórico.	2,27
Acido hidro-clórico.	0,06
Oxido de calcio.	53,05
Oxido férrico.	0,61
Sílice y arcilla.	3,10
Pérdida.	0,79
	100,00

VARIEDADES.—La cristalizada en prismas de seis ó de doce caras con apuntamientos bi-piramidales y con diversas modificaciones en las aristas y ángulos; algunos ejemplares correspondientes á esta variedad son incoloros y trasparentes; pero, por lo general, ofrecen un color verde amarillento de espárrago, por lo que fué denominada por Haüy, esparraguina. La compacta ó terrosa, ó sea la fosforita propiamente dicha, se presenta blanca ó amarillenta con manchas rojas; esta variedad es la que fosforece en realidad echada sobre las ascuas, habiendo algunos ejemplares que producen chispas con el eslabon á causa de cierta cantidad de sílice que contienen, por lo que Haüy los llamó cales fosfatadas cuarcíferas. La mamelonada, estalactítica ó reniforme, afecta la forma de concreciones de color pardo y de fractura fibrosa muy fina, análoga á la de algunas variedades de baritina.

YACIMIENTO.—La fosforita se encuentra como elemento accidental en las rocas graníticas, gneis, pizarras, etcétera, y tambien en pequeños filones en los granitos comunes, en la pegmatita y acompañada, por lo comun, de la casiterita ú óxido de estaño en las cercanías de Limoges (Francia), en Cornouailles, en Bohemia, Sajonia y otros puntos. Se halla en riñones ó bolsadas en el Tirol, Suiza, encontrándose tambien en rocas volcánicas en el departamento del Herault, Beaulieu, Bocas del Ródano y otras localidades de Francia. En el Canadá se ha descubierto hace unos veinticinco años un criadero de fosforita en una caliza del terreno silúrico. Pero en donde mas abunda este mineral es en nuestra Península, siendo desde luego los criaderos mas importantes los de Logrosan, en la provincia de Cáceres, y los descubiertos hace pocos años en las cercanías de esta misma capital y otros pueblos próximos. Se halla la fosforita de Logrosan en un terreno esencialmente metamórfico, en contacto del granito y de pizarras del terreno silúrico; en esta especialidad existen todas las variedades citadas de fosforita, y con especialidad las compactas y terrosas; el mismo yacimiento tienen las fosforitas de la capital en donde existen hoy minas tan ricas ó mas que las célebres de Logrosan. Se presenta tambien la fosforita en rocas volcánicas notables en Jumilla (Murcia) y cabo de Gata (Almería). Naranjo la cita en Losaco (Zamora), en donde se presenta en un terreno metamórfico. Tambien existe en Belmez.

USOS.—Se emplean en joyería las variedades cristalizadas y de colores rojo, violado ó azulado; la compacta suelen destinarla para piedra de edificar en aquellos sitios en que se presenta muy abundante. Pero la aplicacion mas importante de la fosforita es como abono de terrenos, sobre todo en aquellos en que se han de desarrollar el trigo y otros cereales. Así, los labradores actuales, y mas particularmente los de Inglaterra, usan la fosforita reducida á polvo con el objeto de fertilizar ciertas tierras; pero en la mayor parte de los casos se necesita convertirla en un fosfato ácido de cal, puesto que la fosforita natural es insoluble en el agua, pero se disuelve con facilidad en un líquido ácido.

WAVELITA—FOSFATO HIDRATADO DE ALUMINA—Fórmula química $(Al^2O^3)^4, (PhO^5)^4 + 18HO \mid + Al^2O^3, (HO)^3$

CARACTÉRES.—La Wavelita, llamada asi por haber sido dedicada al doctor Wavell, que fué el primero que la descubrió, cristaliza en prismas romboidales rectos pertenecientes al tercer sistema cristalino, presentándose en realidad en agujas muy finas que constituyen formas apezonadas, globosas ó estalactíticas; su color es el blanco verdoso ó amarillento mas ó menos pardusco; brillo vítreo, raya con dificultad á la caliza y tiene un peso específico representado por 2,3 á 2,5. Por la accion del soplete se entumece, pero no se funde, y adquiere un color blanco de nieve; reducida á polvo se disuelve sin efervescencia, mediante el calor, en los ácidos nítrico y sulfúrico.

COMPOSICION EN PESO

Alúmina.	38,0
Acido fosfórico.	35,3
Agua.	26,7
	100,0

VARIEDADES.—La variscita y la peganita de Breithaupt pueden considerarse, la primera como una variedad amorfa de la Wavelita, y la segunda como esta misma especie que se presenta en costras cristalinas formadas por pequeñas agujas prismáticas de color verde; por último, la Fischerita de Hermann se diferencia únicamente de la Wavelita en que contiene agua en menor cantidad.

YACIMIENTO.—Se encuentra en las hendiduras ó cavidades de las pizarras arcillosas en Devonshire y Cornouailles (Inglaterra), Sajonia, Hungría, Groenlandia, Estados-Unidos, Brasil, México, etc.

KLAPROTINA ó LAZULITA DE LOS ALEMANES

CARACTÉRES.—Esta sustancia, denominada tambien feldespato azul y azurita, presenta por forma primitiva un

(1) Véase el género Plomo.

prisma recto romboidal correspondiente al tercer sistema; su color es azul celeste, lustre vitreo y algo trasluciente en los bordes; raya á la fosforita, siendo su dureza muy idéntica á la del feldespato ortosa, y el peso específico de 3,05. Infusible al soplete por sí sola é insoluble en los ácidos; da agua y pierde la coloracion cuando se la calcina.

COMPOSICION EN PESO

Alúmina	34,50
Acido fosfórico	43,32
Magnesia	13,56
Cal y óxido de hierro	1,28
Sílice	6,50
Agua	0,50
	99,66

VARIEDADES.—Solo se conoce actualmente la variedad llamada childrenita, mineral que se halla en pequeños cristales amarillos ó pardo-amarillentos de lustre vítreo ó resinoso, cuyos cristales son octaedros de base rombal.

YACIMIENTO.—Se halla la klaprotina en las pizarras arcillosas en Werfen (Salzburgo), en el Valais (Suiza), en Minas-Geraes (Brasil), en Voreau (Estiria) y en algunos otros puntos del extranjero. La childrenita se encuentra acompañada de la fosforita, siderosa y pirita de hierro en Devonshire y Cornouailles (Inglaterra).

TURQUESA—FOSFATO DE ALUMINA HIDRATADO CON ÓXIDO DE COBRE QUE SIRVE DE MATERIA COLORANTE.—$Al^2O^3, PhO^5 + 5 HO$.

CARACTÉRES.—Esta sustancia, conocida tambien con los nombres de calaita, agafita y jonita, es muy parecida á las dos especies anteriores, no solo por su color azul y otros caractéres exteriores, sino por su composicion química. La turquesa, sin embargo, no se conoce cristalizada; ofrece, como se ha dicho, un color azul mas ó menos intenso ó verde, siendo algo traslúcida en los bordes: raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo; su peso específico es de 2,8. Infusible á la accion del soplete é inatacable por los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Alumina	47,45
Acido fosfórico	27,34
Agua	18,18
Oxido de cobre	2,02
Idem de hierro y manganeso	1,40
Fosfato de cal	3,61
	100,0

Esta composicion varía bastante en las variedades que se conocen de turquesas, hasta el punto que no puede darse de ellas una fórmula bien definida; los mejores análisis han demostrado, no obstante, que domina en todas ellas el fosfato de alumina, existiendo al propio tiempo un 18 á 19 por 100 de agua; pero el fosfato de cal y el óxido de cobre entran en cantidades variables segun los ejemplares que se analicen.

VARIEDADES.—Se distinguen en el comercio dos clases de turquesas, á saber: turquesa de roca antigua ó calaita, llamada tambien turquesa oriental, y la odontolita ó turquesa occidental ó de roca moderna: la primera se encuentra en pequeños riñones en arcillas ferruginosas, siendo sus caractéres los generales de la especie; la segunda, procede de dientes fósiles de mastodontes y otros mamíferos, teñidos de un azul verdoso por el fosfato de hierro; es mas blanda que la calaita y se electriza sin estar aislada; se funde por medio del fuego y se disuelve con efervescencia en el ácido nítrico; consta de fosfato y carbonato de cal hidratado y de fosfato ferroso.

YACIMIENTO.—La calaita se halla en calizas arcillosas ó ferruginosas en Korasan (Persia), en Silesia y Sajonia; la odontolita en Gascuña (Francia), Rusia, Siberia y Sajonia.

APLICACIONES.—Se emplean una y otra variedad como piedras de adorno, siendo la primera muy estimada en la joyería; se talla en cabujon y se monta frecuentemente rodeada de rubíes ó brillantes pequeños, se vende á precios bastante elevados que varían segun la naturaleza y belleza de sus tintes. La odontolita reemplaza á la calaita aunque en realidad nunca es tan apreciada; se distinguen desde luego en que expuesta la odontolita á la luz de una bujía ofrece un color azul agrisado, mientras que la calaita conserva su color azul característico (1).

GÉNERO—ARSENIATO

Comprende minerales sólidos que desprenden olor de ajos cuando se les calienta mezclados con carbon. Mediante la fusion con el carbonato sódico producen una sal soluble en el agua, cuya disolucion, separado el ácido carbónico, da un precipitado rojo pardusco por el nitrato argéntico y blanco por el nitrato de plomo. En este género solo se estudia una especie, porque los demás compuestos de ácido arsénico y de una ó mas bases corresponden á la clase de los metales.

FARMACOLITA—ARSENIATO DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $2CaO, AsO^5+6HO$

CARACTÉRES.—Esta especie, que resulta siempre de la descomposicion de otros minerales de arsénico, se presenta por lo general, en agujas ó pequeñas masas apezonadas de estructura fibrosa; los cristales ó agujas derivan de un prisma romboidal oblicuo simétrico; su color es blanco y algunas veces ligeramente rosáceo, debido á la mezcla con el arseniato de cobalto; lustre vítreo y algo sedoso; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 2,7. Colocada esta sustancia sobre el carbon, y expuesta á la accion del soplete, desprende el olor de ajos, se funde en esmalte blanco y se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico. El análisis ha demostrado que es un arseniato de cal con 23 ó 24 partes de agua; de esta composicion ha tomado el nombre de farmacolita, que significa piedra venenosa.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de calcio	25,
Acido arsénico	50,54
Agua	24,46
	100,00

VARIEDADES.—Se encuentra únicamente, como se ha indicado, en agujas ó formas apezonadas de estructura fibrosa.

YACIMIENTO.—Hállase en las minas arsenicales, sobre todo en las de cobalto en Wittchen (Suabia), en el Hesse, Harz y en los Vosgos.

La Haidingerita no es mas que un arseniato de cal con

(1) La turquesa considerada como piedra fina debe figurar al lado de los rubíes, topacios, esmeraldas, etc.

menos agua que la especie anterior; esta sustancia, muy rara en la naturaleza, se encuentra en Bohemia y en el Hesse.

GÉNERO—NITRATO

Comprende este género minerales anhidros que tienen la propiedad de deflagrar ó de activar la combustion; mezclados con limaduras de cobre y tratados por el ácido sulfúrico, desprenden vapores rojos ó rutilantes. Corresponden á este género dos especies, á saber: nitro ó salitre y nitratina ó nitro cúbico.

NITRO Ó SALITRE—NITRATO DE POTASA—KO,NO^5

CARACTÉRES.—El nitrato se presenta comunmente en eflorescencias de color blanco, ó en agujas cristalinas que derivan del tercer sistema ó sea de un prisma romboidal recto; se cristaliza en los laboratorios en prismas exagonales ó especies de tablas rectangulares biseladas en sus bordes, cuyas formas son muy parecidas á algunas del aragonito; el lustre de estos cristales es el vítreo, dureza inferior á la del carbonato de cal y peso específico de 1,9. Si se echa sobre las ascuas tiene la propiedad de deflagrar y activar la combustion; su sabor salado, fresco y algo picante; soluble en tres veces su peso de agua fria y en la mitad de agua caliente. Si se disuelve una corta cantidad de nitro en el agua produce, cuando se la trata por el cloruro platínico, un precipitado amarillo de canario.

COMPOSICION EN PESO

Potasa.	46,56
Acido nítrico.	53,44
	100,00

VARIEDADES.—Se halla en la naturaleza en eflorescencias constituidas por lo general de fibras muy delgadas, ó bien en fibras finas traslúcidos ó trasparentes y de color blanco.

YACIMIENTO.—Se encuentra el nitro, en las formas indicadas, en rocas calizas de algunas grutas de la Pulla (Italia), y Kentucky (Estados Unidos); en una caliza de Miserghin, entre Orán y Tremecen (Africa) y en la creta de Rouen (Francia); en las llanuras del Egipto, Persia, India, cercanías de Pekin, y en las playas del mar Caspio. Se halla, además, en los muros y paredes viejas, sitios oscuros y húmedos, en los que existan materias orgánicas en descomposicion. Se presenta tambien en algunos puntos unido al nitrato de cal formando lo que se llama *salitre* propiamente dicho. En España existe el nitro en varios pueblos del reino de Aragon, Tembleque (Toledo), Alcázar de San Juan y Membrilla (Ciudad Real); se halla, además, en Murcia, Málaga, Granada, Cataluña y Asturias; en Calatayud (Zaragoza) está asociado á la epsomita.

USOS.—El nitro es una de las sustancias de mayor interés, bajo el punto de vista químico é industrial; se emplea desde luego como fundente de muchos cuerpos, y entra en la composicion de varios vidrios y medicamentos: en pequeñas dósis se usa en Medicina como diurético y refrigerante; se destina en Química para la preparacion de los ácidos nítrico y sulfúrico; siendo su aplicacion mas importante en union del azufre y carbon, para fabricar la pólvora; puede servir tambien para el abono de algunas tierras.

Se obtiene el nitro mediante la lexivacion de las tierras salitrosas, las cuales se evaporan hasta que constituyen cristales prismáticos de nitro puro; despues se las purifica sometiéndolas á diversas disoluciones y cristalizaciones. Hoy dia se consigue tener nitro artificial sin mas que convertir el nitrato sódico ó cúbico en nitrato potásico: para ello basta tratar el primero por el cloruro potásico, formándose así nitrato potásico y sal comun. En España existen hoy varias fábricas de nitro, tales son entre otras las de Alcázar de San Juan, Tembleque, Alcaraz y Lorca.

NITRATINA Ó NITRATO CÚBICO—Fórmula química NaO,No^5

CARACTÉRES.—Este mineral, cuyas propiedades son muy análogas á las de la especie anterior, cristaliza por enfriamiento en un romboedro obtuso que se deriva del cuarto sistema; su color es el blanco agrisado, lustre vítreo, algo delicuescente, y de sabor salado y amargo; la dureza es idéntica á la del nitro, y su peso específico de 2,1. Echada sobre las ascuas se funde, y disuelta en el agua no da precipitado amarillo por el cloruro platínico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de sodio. . .	36,6
Acido nítrico. . .	63,4
	100,0

VARIEDADES.—Se presenta por lo comun en masas granudas y algunas veces en cristales romboédricos, pudiendo obtenerse artificialmente estos romboedros.

YACIMIENTO.—Se halla en Bolivia ó alto Perú, en donde constituye una capa de un metro de espesor, que se extiende en un espacio de mas de cuarenta leguas de longitud: en este punto se presenta en granos cristalinos, de lustre vítreo y diseminados en una especie de arcilla. El nitro cúbico de esta localidad no es completamente puro, puesto que en 100 partes contiene 28 de sal comun y 3 de sulfato sódico.

USOS.—Sirve para la obtencion del ácido nítrico: se ha tratado tambien de utilizarle para fabricar la pólvora, pero se ha desechado á causa de sus propiedades delicuescentes.

GÉNERO—CLORURO

Si se tratan las especies mineralógicas comprendidas en este grupo por el ácido sulfúrico, desprenden vapores de ácido clorhídrico. Son todas solubles en el agua, y tratada á su vez esta disolucion por el nitrato argéntico, da un precipitado blanco (cloruro argéntico) insoluble en los ácidos y soluble en el amoniaco. Las especies incluidas en este género pueden reducirse á las dos siguientes: primera, sal comun; segunda, sal amoniaco.

SAL COMUN O SAL GEMA—CLORURO DE SODIO—Fórmula química NaCl

CARACTÉRES.—Esta sustancia, que recibe además los nombres de *sal comun*, sal de *cocina*, etc., se distingue por las propiedades siguientes: su forma primitiva es el cubo, correspondiente al sistema cúbico, y rara vez en un rombododecaédrico, pero puede cristalizar en octaedros ó cubos octaedros por medios artificiales, y si la evaporacion del agua se efectúa de un modo rápido, resultan especies de pirámides huecas; las formas cúbicas y las masas laminares se exfolian con facilidad en direccion paralela á las caras produciendo verdaderos cubos. La sal comun rara vez es completamente diáfana; incolora, rojiza ó de color de carne, agrisada ó teñida

en ciertos ejemplares de azul, y aun de verde por materias bituminosas, óxidos de hierro ó animales infusorios; raya al yeso, aunque con dificultad, y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 2,2. Se le considera como uno de los cuerpos esencialmente *diatermanos*, es decir, que deja pasar el calor radiante, ó lo que es lo mismo, que es el cuerpo mas trasparente para el calor. Echada esta sustancia en las ascuas tiene la particularidad de decrepitar, esto es, de saltar y reducirse á fragmentos mas pequeños, apagando ó disminuyendo al propio tiempo la combustion; dicho carácter se observa mas bien en los ejemplares de sal comun procedentes de la evaporacion de las aguas saladas, cuyos ejemplares contienen una cantidad de agua mas ó menos considerable. Por medio de una temperatura elevada se volatiliza sin dejar ningun residuo; es casi tan soluble en el agua fria como en la caliente, por lo que no es susceptible de cristalizar por medio del enfriamiento, propiedad notable, puesto que permite separar este cuerpo de las demás sales con quienes está unido, y sobre todo del nitro ó del nitrato de potasa, cuya solubilidad crece en relacion con la temperatura. Tratada la disolucion acuosa por el nitrato argéntico, se obtiene un precipitado blanco coaguloso, análogo á la leche cortada, cuyo precipitado es insoluble en los ácidos y soluble en el amoniaco. Si se trata la misma solucion acuosa por el ácido sulfúrico, se produce sulfato de cal y ácido hidroclórico.

El carácter distintivo por excelencia de la sal comun, es su gran solubilidad y su sabor salado, agradable y *sui generis*.

COMPOSICION EN PESO

Sodio.	39,35
Cloro.	60,65
	100,00

VARIEDADES.—Cristalizada en cubos perfectos, los cuales por medio de la exfoliacion ó choque dan cubos mas pequeños; estos cristales de sal comun ofrecen el carácter de la delicuescencia en alto grado, así que sus aristas y ángulos sólidos en contacto del aire se redondean, llegando á disolverse por completo en el agua si los fragmentos son pequeños y se hallan expuestos por algun tiempo á la accion de una atmósfera cargada de humedad; existen tambien, aunque rara vez, ejemplares cristalizados en dodecaedros romboidales. La variedad infundibuliforme compuesta de pirámides cuadrangulares, huecas, cuyas caras interiores y exteriores ofrecen estrías profundas en la direccion paralela á la base. La laminar que se presenta en masas de estructura hojosa ó laminar. La lamelosa, formada de hojas ó láminas mas pequeñas qne las de la variedad anterior. La granuda, constituida de masas de estructura de grano fino ó grueso. La fibrosa, que se presenta en masas compuestas de fibras paralelas ó divergentes y rectas, ó mas ó menos curvilíneas.

YACIMIENTO.— La sal comun se encuentra en abundancia esparcida en la naturaleza y en relacion con su utilidad en la economía doméstica é industrial. Se presenta constantemente en dos diversos estados, á saber: ó en estado sólido, en cuyo caso recibe el nombre particular de sal gema ó sal piedra, ó bien disuelta en las aguas del mar, de algunos lagos y de varios manantiales y fuentes, la cual recibe á su vez el nombre de sal marina ó sal mara. Se encuentra la sal comun sólida en España en toda clase de terrenos de sedimento desde el triásico hasta el terciario inclusive. Así, por ejemplo, la tenemos en el terreno triásico, y en forma de estratos ó capas que alternan con otras de yeso, arcillas, margas ó dolomias, en Minglanilla, Monovar, Villena y Valtierra; existe formando grandes masas en el piso numulítico inferior del terreno terciario en Cardona (Barcelona), y en el Alto Aragon. Se encuentra tambien en terrenos volcánicos, tales como los de Pozas (Burgos). Por último, existen criaderos de sal comun en Onda, Sarrion, Pancorvo, Pinoso, etc. En Villaviciosa, Infiesto y Sariego (Asturias), en Cabezon (Santander), Cienpozuelos (Madrid), San Pedro de Pinatar (Murcia) y otros varios puntos se halla disuelta en las aguas ó en ciertos lagos salados.

Asimismo, existe sal comun en el extranjero, desde el piso silúrico superior hasta los terrenos terciarios, siendo desde luego el criadero mas abundante el célebre de Wielizka (Polonia), que está enclavado en los pisos inferiores del terreno terciario, cuyo criadero viene explotándose desde el año 1251; la sal comun de esta localidad se halla acompañada de lignito, teniendo la propiedad algunos ejemplares de desprender hidrógeno carbonado por medio de la accion del fuego; son notables los depósitos de sal comun de Vic (Francia), Setubal (Portugal), Norwich (Inglaterra), Baviera y Wurtemberg (Alemania), Salzburgo y Tirol y otros muchos que pudieran enumerarse. La mayor parte de los criaderos que se conocen de esta sustancia corresponden al terreno triásico, por lo que algunos geólogos le designan con el nombre de terreno salífero.

Las dos terceras partes de sal comun que se consumen en la economía doméstica, industria, etc., proceden de las aguas del mar. Para extraer la sal marina de estas aguas, y aun de los lagos salados, se siguen dos procedimientos distintos: el primero consiste en exponer las aguas á temperaturas muy bajas, por cuyo medio se congelan constituyendo una capa sólida que apenas contiene sal comun, mientras que la parte líquida lleva la totalidad de este cuerpo; este procedimiento solo se usa en los países frios, tales como en las costas del mar Blanco.

El segundo procedimiento, que es el que se emplea en las regiones cálidas y templadas, consiste en la evaporacion espontánea de las aguas del mar en estanques ó charcas poco profundas y de gran superficie. Son notables en España las salinas de San Fernando (Cádiz), Alfaques (Tarragona), Ibiza y Formentera (Islas Baleares) y Torrevieja (Alicante), siendo la produccion de esta última tan considerable que puede elevarse á la cantidad que se quiera.

USOS.—Numerosas é importantes son las aplicaciones de este cuerpo; se emplea desde la mas remota antigüedad para sazonar y condimentar los alimentos, siendo, por lo tanto, objeto de un gran comercio y consumo en todos los países del globo. Todo el mundo sabe lo favorable que es la sal comun para ciertos animales, sobre todo para los rumiantes que la buscan con avidez, pudiendo considerarse como una sustancia necesaria á la vida de estos séres. Se usa la sal comun en Química para la extraccion de la sosa artificial y del sulfato de sosa; para la obtencion del ácido hidroclórico, del cloro y de los cloruros decolorantes y para beneficiar los minerales de plata. Sirve además para el abono de ciertas tierras, por cuya razon en algunos sitios de la costa cantábrica acostumbran á echar en las tierras algas y despojos ó desperdicios de salazon de pescados; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en una tierra que contenga mas de 0,02 de sal comun, no se dan bien las plantas barrilleras. Se emplea la sal comun para la conservacion de las carnes, pescados, para disminuir la combustibilidad de las maderas de construccion sumergiéndolas préviamente en aguas saladas. Por último, se usa en Medicina ya sea al interior ó al exterior como refrigerante, desinfectante y revulsiva.

SAL AMONIACO—CLORURO AMÓNICO—Fórmula química NH^3Cl

CARACTÉRES.—Esta especie, denominada tambien sal

miac, sal de Tartaria y sal volátil, se presenta rara vez cristalizada en trapezoedros del sistema cúbico; por lo general, se halla en costras pequeñas de estructura fibrosa y de color gris; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 1,5. Proyectada en las ascuas desprende vapores densos y se volatiliza por completo: soluble en seis veces su peso de agua fria á la que comunica un sabor picante; tratada la disolucion acuosa por el nitrato argéntico, se forma un precipitado blanco, que no es mas que el cloruro de plata, insoluble, como se ha dicho, en los ácidos y soluble en el amoniaco. Se reconoce la sal amoniaco porque desprende olor amoniacal cuando se la mezcla con cal ó potasa cáustica.

COMPOSICION

Amoniaco.	31,80
Acido hidroclórico. . . .	38,20
	100,00

VARIEDADES. — Se presenta pocas veces cristalizada en octaedros ó trapezoedros mas ó menos sencillos ó modificados; por lo comun, se encuentra en masas fibrosas y en concreciones mas ó menos estalactíticas, ó formando costras de variable espesor y compuestas de granos ó de fibras divergentes y entremezcladas.

YACIMIENTO.—Existe la sal amoniaco en ciertos terrenos ulleros de Saint-Etienne (Francia), en los volcanes del Etna, Vulcano y Vesubio, y en los azufrales de Pozzuolo y del Asia central; en los volcanes antiguos de este último punto se halla la sal amoniaco constituyendo grandes depósitos que son explotados en ciertas épocas del año por las caravanas, por cuya razon se la designa con el nombre de sal de Tartaria ó de las caravanas. La mayor parte de sal amoniaco que se consume en el comercio se obtiene artificialmente, ya sea por medios directos, ya aprovechando los restos de diferentes operaciones de productos químicos.

USOS.— Se emplea en Química para la preparacion del amoniaco; para la limpieza de los metales, sobre todo del cobre y en el estañado de este mismo metal y de otros varios. Se utiliza además en tintorería, y en Medicina se administra como refrigerante y estimulante.

GÉNERO—FLUORURO

Reducidos á polvo los minerales incluidos en este género y tratados par medio del ácido sulfúrico, desprenden, elevando la temperatura, ácido hidrofluórico, que se reconoce por la particularidad que tiene de corroer el vidrio. La única especie de este género es la fluorina.

FLUORINA Ó ESPATO FLUOR — Fórmula química CaFl

CARACTÉRES.—La forma mas general del espato fluor es el cubo perfecto ó mas ó menos modificado en sus aristas y ángulos sólidos; se presenta tambien en cristales octaédricos, dodecaédricos y aun en exatetraedros, siendo su forma primitiva el octaedro regular del primer sistema. La fluorina ofrece lustre vítreo, trasparente y notable por la viveza y diversidad de colores, puesto que hay ejemplares incoloros, verdes, amarillentos, violados y rojizos; raya á la caliza y se raya por la fosforita, ocupando el cuarto lugar en la escala relativa de Mohs, estando representado su peso específico por 3,1 á 3,2. Algunas de sus variedades fosforecen por la elevacion de la temperatura, produciendo ráfagas luminosas blanco-azules ó verdosas; por cuyo carácter se las denomina clorofanas. Decrepita por la accion del calor; funde al soplete en una perla opaca y casi siempre blanca; soluble en caliente en el ácido sulfúrico con desprendimiento del ácido hidrofluórico y formacion de sulfato de cal.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de calcio. . . .	72,14
Acido hidrofluórico. .	27,86
	100,00

VARIEDADES.—La fluorina se presenta cristalizada en cubos perfectos ó modificados en sus aristas y ángulos; son raras las formas secundarias, pudiendo reducirse al octaedro y al exatetraedro; todos estos cristales pueden ser incoloros, ó bien amarillos, verdes, morados y rojizos; algunos ejemplares son dicroitas, es decir, que mirados por refraccion ofrecen un color verde, y azul violado por reflexion. La variedad concrecionada se halla compuesta de capas blancas que alternan con otras moradas, formando ángulos entrantes y salientes á la manera de los que se observan en el cuarzo amatista compacto ó concrecionado. La fluorina compacta, de fractura mate con tintas blancas, moradas y azules. La granular ó terrosa se presenta en masas de poca consistencia. La laminar constituida por grandes ó pequeñas láminas.

YACIMIENTO.—El espato fluor se encuentra en casi todos los terrenos de sedimento, constituyendo la ganga de varias sustancias metálicas, especialmente de la galena y casiterita; existe tambien diseminado, ya sea en cristales aislados, ya en geodas ó venas pequeñas, en los terrenos ígneos y aun en los de sedimento secundarios y terciarios. Esta especie mineralógica es muy frecuente en los filones metalíferos de Cornouailles, Derbyshire y Cumberland (Inglaterra), en Sajonia y Bohemia, Vosgos (Francia) y otros puntos. Casi todos los hermosos cristales que figuran en los museos mineralógicos proceden de Sajonia, Inglaterra y Estados-Unidos. En España tenemos espato fluor en la sierra de Gador, donde sirve de ganga á los criaderos de galena, denominándole los naturales del país *sal de lobo;* existe, además, acompañando al cobre, malaquita y pirita cobriza, en Colmenar Viejo (Madrid), á los de cinabrio en Almadenejos (Ciudad-Real), y á otros criaderos metalíferos en Virgen de Gracia (Córdoba), Papiol (Barcelona), Vizcaya y Aragon.

USOS.—Las variedades de espato fluor que ofrecen colores amarillos, morados, verdes, etc., se tallan como piedras finas falsas, recibiendo los nombres de topacios, amatistas, esmeraldas, etc.: los ejemplares que presentan colores vivos y zonas ó capas dispuestas en SS se emplean para hacer placas, vasos, columnas y otros objetos de adorno muy estimados y de un precio bastante elevado. Se ha supuesto por algunos que los antiguos vasos murrhinos, tan célebres y apreciados en la época de Pompeyo, estaban fabricados con espato fluor, igual al que emplean en la actualidad los ingleses para la construccion de copas, vasos, etc.; estos vasos se destinan en Química para ciertas operaciones; con espato fluor se prepara el ácido hidrofluórico, sustancia que sirve para el grabado del cristal; por último, la fluorina se destina como fundente de los minerales de cobre y de otros metales, por lo que se le llama tambien espato fusible.

Para el grabado en el vidrio es preciso cubrir el objeto con una ligera capa de cera, despues se dibuja por medio del buril lo que se quiere grabar, y luego se vierte, sobre el dibujo, una disolucion mas ó menos concentrada de ácido hidrofluórico. Se graba tambien sobre el vidrio y se trazan las divisiones en los tubos de los termómetros, campanas

graduadas, etc., no solo por el ácido hidrofluórico líquido, sino por medio de los vapores de este mismo ácido, resultando así las divisiones mas visibles á causa de su opacidad, lo que no sucede con las obtenidas por el ácido líquido, puesto que son trasparentes, siendo necesario que las divisiones sean muy profundas para hacerlas perceptibles.

GÉNERO—BORATO

Los minerales incluidos en este grupo se disuelven, mediante una temperatura elevada, en el ácido nítrico; tratada la disolucion por el alcohol y quemándole, arde con llama de un color verde característico; disuelto desde luego el ácido bórico en el alcohol, ofrece este mismo carácter. Las especies principales de este género son dos: la boracita y el borax, cuyo cuerpo ó principio mineralizador es el ácido bórico.

ACIDO BORICO—Fórmula química BoO^3+2HO

CARACTÉRES.—Esta sustancia, que se designa tambien con los nombres de sassolina y sal sedativa de Hombert, se encuentra por lo comun en forma de laminillas ó escamas blancas, de lustre nacarado, suaves al tacto, quebradizas y muy blandas, puesto que se dejan rayar por la uña con mas facilidad aun que el yeso cristalizado, siendo su peso específico de 1,5. El ácido bórico es poco soluble en el agua; 100 partes de este líquido á 10° disuelven 2 de ácido bórico cristalizado, y 8 si la temperatura es de 100°; la disolucion ofrece un ligero sabor ácido y enrojece muy poco la tintura de tornasol. El ácido bórico se disuelve muy bien en el alcohol, al que comunica, como se ha indicado, la propiedad de arder con una llama de color verde. A favor de una temperatura elevada experimenta primero la fusion acuosa, perdiendo el agua de cristalizacion, fundiendo despues en un vidrio incoloro y trasparente que se altera al contacto del aire por atraer el vapor acuoso.

COMPOSICION EN PESO

Acido bórico.	56,38
Agua.	43,62
	100,00

VARIEDADES.—Las formas mas comunes del ácido bórico son, como queda dicho, las laminares ó escamosas, las cuales están casi siempre mezcladas con una corta cantidad de sulfato de cal, óxido ferroso y de manganeso, y tambien con algo de sal amoniaco.

YACIMIENTO.—Se encuentra la sassolina disuelta en ciertas aguas, y en pequeñas hojuelas en las orillas de algunos lagos de Toscana llamados lagonis, los cuales se forman por las fumarolas ó surtidores de agua en vapor que se desprenden de los terrenos próximos al ácido bórico; sale acompañado del agua en vapor, hidrógeno carbonado y ácido hidroclórico. Se halla en grandes cantidades, y de una hermosura sin igual, en el interior del cráter de Vulcano (islas Lipari), de donde trajo soberbios ejemplares, que pueden verse en el gabinete de Historia Natural de Madrid, el profesor Vilanova.

USOS.—Sirve para la obtencion del borax y para el análisis de las piedras finas; entra en la composicion de varias materias, tales como los esmaltes, vidrios, strass, etc. Sirve además en la tintorería en sustitucion del cremor de tártaro; se usa en algunas fábricas de bujías esteáricas para impregnar la extremidad de estas, á fin de que uniéndose á un pequeño residuo de cal que contienen las velas, se forme una perla blanca, evitando así la necesidad de despabilarlas.

BORACITA—BORATO DE MAGNESIA—Fórmula química MgO, BO^3

CARACTÉRES.—La forma primitiva de esta sustancia es el cubo hemiédrico, esto es, un cubo en el que las modificaciones solo se observan en la mitad de sus ángulos sólidos, mientras que la otra mitad no experimenta ninguna alteracion. La boracita es un mineral vítreo, incoloro y trasparente cuando puro; algunos ejemplares ofrecen color blanco-verdoso ó blanco-agrisado y trasluciente, convirtiéndose en opacos á causa de la alteracion que sufren al contacto del aire; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 29. Los cristales de boracita adquieren por la elevacion de la temperatura la electricidad polar, desarrollando ocho polos eléctricos correspondientes á los ocho ángulos sólidos del cubo, siendo cuatro de ellos positivos y cuatro negativos. Se funde al soplete, aumentando de volúmen, en un glóbulo vítreo que, por enfriamiento, se cubre de puntas cristalinas; soluble en el ácido nítrico, y si se trata esta disolucion por el alcohol, le comunica la propiedad de arder con llama verde.

COMPOSICION EN PESO

Magnesia.	30,2
Acido bórico.	69,8
	100,0

YACIMIENTO.—Existe la boracita diseminada y acompañada de cristales de cuarzo en un yeso sacaroideo en Luneburgo, Brunswick y Segesberg (Holstein).

USOS.—Sirve para la fabricacion del borax.

BORAX—BORATO DE SOSA HIDRATADO—Fórmula química NaO, BoO^3+10HO

CARACTÉRES.—Esta sustancia, llamada tambien Tinkal y Atinkar, se halla, por lo comun, disuelta en las aguas, existiendo únicamente en eflorescencias en algunos sitios del Asia meridional y central. El borax artificial cristaliza en prismas romboidales análogos á los que ofrece el piroxeno su color es el blanco azulado, sabor dulzaino ó jabonoso, dureza superior á la del yeso é inferior á la de la caliza, estando representado su peso específico por 1,5 á 1,8. Se funde al soplete, con aumento de volúmen, en una masa porosa, que se convierte poco despues en un glóbulo incoloro y de aspecto vítreo; se disuelve en doce veces su peso de agua fria, y en seis partes de agua caliente.

COMPOSICION EN PESO

Oxido sódico.	16,25
Acido bórico.	36,58
Agua.	47,17
	100,00

YACIMIENTO.—Existe el borax disuelto en varios lagos de Persia, India, China y Ceilan; hállase tambien en las márgenes de estos mismos lagos en pequeñas masas cristalinas, formadas por evaporacion de las aguas. Existe tambien una mina abundante de esta sal en Viquintipa (Potosí), á cuya sal los naturales denominan «quemazon.»

La mayor parte del borax que se usaba en otro tiempo en las artes procedia de las Indias, Perú, China y Ceilan, donde se obtenia por medio de la evaporacion del agua de los referidos lagos salados; este borax se conocia en Europa con el nombre de borax en bruto, y se le sujetaba á una purificacion llamada refinacion del borax. En la actualidad, casi todo el borax que se emplea en varias naciones de Europa, se obtiene por la combinacion del ácido bórico ó sassolina de Toscana con la sosa artificial.

Usos.—El borax artificial se emplea en Mineralogía y Química como fundente; forma parte de los vidrios strass y de varias piedras preciosas falsas, cuya fabricacion en la actualidad ha llegado á un punto tal, que ofrece sérias dificultades el distinguirlas de las verdaderas piedras finas; los joyeros y plateros usan el borax para soldar los metales; por último, se destina esta sustancia para fijar los colores en la porcelana y para el vidriado y barniz de las pastas cerámicas.

GRUPO Ó SECCION DE LAS PIEDRAS FINAS Ó GEMAS

Las especies mineralógicas incluidas en este grupo ofrecen los siguientes caractéres: lustre vítreo muy intenso, colores accidentales vivos y agradables, dureza, por lo comun, superior á la del cuarzo; son infusibles al soplete, menos la mayor parte de los granates, axinita é idocrasa. Podemos dividir la seccion de las piedras finas en dos sub-grupos, á saber: 1.° piedras finas silíceas; 2.° piedras finas no silíceas.

Varios químicos y físicos, teniendo presenta el gran precio de casi todas las piedras preciosas, han tratado de obtenerlas artificialmente; se han valido para ello, como se ha dicho al hablar de la cristalizacion, de fundentes, de grandes presiones y de fuertes corrientes eléctricas, habiendo llegado algunos, y especialmente Ebelmen, á obtener resultados muy satisfactorios bajo el punto de vista científico, pero que carecen de interés comercial, porque los cristales de esmeralda, rubíes, zafiros, etc., presentan un volúmen tan reducido que no pueden utilizarse en joyería.

Talla de las piedras finas.—Las formas ó tallas que los lapidarios dan á las piedras, pueden reducirse en la actualidad á las tres siguientes: 1.ª talla en brillante; 2.ª talla en rosa y 3.ª talla en cabujon. La talla en brillante, que se usa por lo general en las piedras destinadas á ser montadas al aire, se compone en su parte superior ó cara, de una tabla ancha rodeada de numerosas facetas que constituyen el borde ó encaje de la piedra; la parte inferior, que se denomina culata ó espalda, está formada de largas facetas que convergen en su extremidad, la cual puede ser un punto ó una línea recta. La talla denominada en grados, no viene á ser sino una ligera modificacion del brillante; la forma general es la misma, y solo se distinguen en que en la talla en grados, el borde está constituido por una ó dos series de caras estrechas y prolongadas que forman una especie de cuadro; la tabla en este caso es cuadrada, exagonal ú octogonal; la culata ó parte inferior se compone á su vez de un cierto número de series de facetas idénticas á las de arriba y dispuestas en grados decrecientes. La talla en rosa se usa en las piedras de poco espesor ó abombadas únicamente por uno de sus lados; presenta en la cara superior una especie de cúpula compuesta de varias facetas, siendo la parte inferior ó culata plana, que la oculta la montura. La talla en cabujon se reduce á dar á las piedras una forma redondeada y mas comunmente ovoidea, estando en algunos casos limitada su circunferencia por un borde estrecho; el cabujon se usa casi siempre en las piedras finas que no son muy trasparentes, de poco brillo y que ofrecen reflejos ó irisaciones.

Primer sub-grupo—*Piedras finas no silíceas*

Comprende las tres piedras finas mas estimadas, á saber: el diamante, el corindon y el rubí.

DIAMANTE—carbono puro—Fórmula química C

Caractéres.—El diamante es la única piedra fina que está formada de una sola sustancia, siendo esta, como se ha dicho, el carbono. Su forma primitiva es el octaedro regular cuyas caras y aristas son por lo comun abombadas ó curvilíneas; esta especie mineralógica se presenta incolora, cuando pura, pero suele ofrecer color amarillo, azulado, rosáceo y algunas veces negro; el brillo del diamante natural es céreo y con una tinta acerada muy marcada; pero cuando se le talla ó se le exfolia adquiere un brillo muy vivo y característico, que se denomina «diamantino.» Refracta extraordinariamente la luz, estando dotado de la refraccion simple; su índice de refraccion es 2,44; trasparente y límpido en el mas alto grado si es puro y está tallado y pulimentado; traslúcido en estado natural y muy rara vez opaco. Es el cuerpo mas duro de todos los que se conocen, constituyendo el número 10 en la escala de Mohs: de aquí el nombre de «adamas» que le dieron los antiguos mineralogistas, puesto que no solo le reputaban como el mas duro, sino como el mas tenaz, creyendo que resistia de un modo absoluto la accion del calor y de los agentes mecánicos; hoy se sabe que el diamante es un mineral bastante frágil. Su peso específico varía entre 3,53 á 3,55; desarrolla la electricidad positiva por medio del frote y la conserva por muy poco tiempo; fosforece de un modo intenso en la oscuridad, si se le expone de antemano á la accion de los rayos solares; infusible al soplete y se despulimenta con facilidad por el fuego de oxidacion; reducido á polvo y mezclado con nitro se funde y detona, si se le somete á la accion del calor; arde por completo en contacto del oxígeno puro y se trasforma en ácido carbónico; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

Variedades.—El diamante se presenta cristalizado en octaedros sencillos, cuyos cristales ofrecen generalmente en todas sus caras pirámides triedras, que por la tendencia que tienen á encorvarse dan al cristal un aspecto abombado; se observan tambien en estas formas cristalinas estrías bastante manifiestas que indican la exfoliacion ó crucero de los cristales; el diamante cristaliza además en dodecaedros romboidales, exatetraedros, y rara vez en cubos; los octaedros modificados de la manera que se ha indicado, se reunen algunas veces para constituir hemitropias. Existen la variedad granuliforme, constituida por pequeños riñones angulosos, y la esferoidal, que presenta caras esecialmente curvilíneas.

El diamante, como se ha consignado, tiene la particularidad de refractar la luz en alto grado, por cuyo carácter dedujo el célebre Newton que este cuerpo debia estar constituido por una sustancia muy combustible, cuyo aserto fué comprobado por experimentos llevados á cabo en 1694 por los célebres académicos de Florencia; con efecto, estos sabios notaron que el diamante no sufria alteracion de ningun género por la accion de temperaturas muy elevadas siempre que no estuviera en contacto del oxígeno del aire, pero que desaparecia por completo, en el caso contrario. Estas observaciones han sido posteriormente confirmadas por los químicos de últimos del siglo y los del actual; siendo Lavoissier y Tennant los primeros que designaron la naturaleza del diamante, así como Guyton de Morveau, Davy y Dumas han probado hasta la evidencia que es carbono puro, puesto que expuesto á una temperatura elevada y en contacto con

el oxígeno arde con llama azulada y se convierte en ácido carbónico.

El diamante, como tan oportunamente dice Leymerie, presenta uno de los ejemplos mas notables de isomería que se conocen. El estudio de este fenómeno revela de una manera evidente la diferencia que existe y debe de existir siempre entre la Mineralogía y la Química, entre el estudio de los cuerpos bajo el punto de vista mineralógico y químico. Así que, como consigna el mismo autor, si se compara el diamante con una de las especies de carbones y aun el mismo grafito, cuya composicion química es igual á la del diamante, se notarán desde luego caractéres geométricos, físicos y geológicos tan distintos, que nunca será posible reunirlos en un mismo grupo. El poder calorífico del diamante, segun Regnault, es de 0,14687, mientras que la antracita, el cok y el grafito dan un calórico específico, por lo menos, de 0,2; el grafito suele presentarse en escamas constituidas de láminas pequeñas de forma exagonal que derivan del sistema romboédrico, formas completamente distintas é incompatibles con las del diamante; todos los carbones fósiles conocidos existen enclavados en terrenos muy diferentes de los del diamante, en los cuales ni se han hallado, ni se encontrarán probablemente indicios de esta sustancia. En virtud, pues, de estas consideraciones y de otras muchas que pudieran aducirse, el diamante se considera como un carbono puro que la naturaleza ha cristalizado en condiciones especiales y desconocidas de los físicos y químicos. A pesar de esto, hace algunos años se ha tratado de obtener diamantes artificiales, pero los resultados conseguidos hasta hoy no pueden considerarse como satisfactorios. No obstante, Mr. Despretz, colocando un cilindro de carbon é hilos de platino en el vacío, y haciendo pasar sobre ellos una corriente de induccion, sostenida por espacio de treinta dias, ha visto depositarse en los hilos de platino una capa delgada y negra, que observada con una fuerte lente, vió que estaba formada de octaedros, siendo varios de estos incoloros y dotados de un lustre intenso.

YACIMIENTO.—Se encuentra el diamante en cristales aislados y diseminados en los terrenos de aluvion antiguos á los que Brongniart denomina *plusiacos*, precisamente porque contienen varias piedras finas así como tambien platino y oro. Los primeros diamantes que se conocieron procedian de las arenas silíceas y ferruginosas del terreno diluvial de Golconda, Visapur (India) é Isla de Borneo. Segun refiere la tradicion, el descubrimiento de esta piedra preciosa en Golconda fué debida á la casualidad; un pastor que conducia ganado por uno de los sitios mas solitarios, vió en el suelo una piedra muy brillante, la cogió y la vendió por un precio insignificante á una persona que ignoraba, lo mismo que él, la importancia de la piedra; pasó esta por varias manos hasta que llegó á un mercader, que, habiéndola adquirido por una exigua cantidad, elevó su mérito dándola un gran precio. Este descubrimiento excitó la general curiosidad en los habitantes de Golconda, los cuales trataron de buscar piedras tan estimadas. Desde entonces la explotacion se hizo en gran escala, llegando ocasiones en que habia mas de 30,000 obreros dedicados á buscar y recolectar diamantes.

El reino de Nizan (India), Pannah, poblacion situada al norte de Golconda, Orizza al este, y otros pueblos al sur del antiguo reino de Golconda, se consideraron y aun se miran hoy como los principales criaderos de diamantes; de estos sitios y de la isla de Borneo proceden los de mayor tamaño que se conocen.

La explotacion de las arenas diamantíferas en la India se verifica mediante un procedimiento sumamente sencillo: consiste en lavar las tierras con agua, para que de este modo se separen las arenas, arcillas y otras materias ligeras de las partes gruesas, entre las cuales se hallan los diamantes; despues, con el objeto de que este residuo se seque, lo colocan en un sitio bien aireado y expuesto á los rayos solares; en este caso, se distinguen los diamantes de las otras sustancias por el brillo intenso que despiden y por sus colores.

La mayor parte de los diamantes que corren hoy en el comercio vienen de Minas-Geraes y San Pablo, provincias del Brasil, donde existen terrenos diamantíferos análogos á los de la India, y explotados tambien por procedimientos idénticos. La tierra diamantífera se denomina en el país *cascalho*, que contiene no solo este mineral precioso, sino oro, platino, topacio, turmalina, zircon, hierro magnético, hierro oligisto, hierro titanado, fragmentos de diorita, de pizarra micácea y de una arenisca particular, llamada *itacolumita*, roca que, segun Humboldt, pertenece al terreno silúrico. A pesar de que los terrenos diamantíferos del Brasil fueron descubiertos á principios del siglo pasado, puede decirse que el criadero mas importante no ha sido conocido hasta el año de 1839, desde cuya fecha se explotan en la tierra llamada *Grammagoa*, en la que el diamante se encuentra en el seno de las rocas *itacolumitas*, *samitas* y *areniscas* propiamente dichas.

Por último, el año 1831 descubriéronse diamantes en la parte occidental de los montes Urales (Europa); los ejemplares de dicho punto se encuentran en las arenas auríferas que se hallan sobre sienitas y dioritas porfiroideas, ó sobre dolomias y caliza. El número de diamantes que se han encontrado en los montes Urales desde la fecha citada hasta hoy, no llega á cincuenta, por lo que puede deducirse que si bien este criadero es importante, bajo el punto de vista geológico, no tiene interés en concepto lucrativo ó comercial.

TALLA DE LOS DIAMANTES.—Esta piedra preciosa, á causa de su dureza, superior á la de todos los cuerpos, ha estado mucho tiempo sin labrarse; así que, los antiguos apreciaban únicamente aquellos diamantes que tenian bastante volúmen, y que estaban dotados de un lustre y trasparencia notables. La talla del diamante puede considerarse como moderna, supuesto que data del año de 1476. En este año, Luis Berquen ideó labrar los diamantes con el polvo que obtuvo de frotar dos ejemplares uno contra otro. El primer diamante que se talló por este procedimiento fué comprado por Cárlos el Temerario, duque de Borgoña; en esta operacion, el lapidario se vale con frecuencia de la propiedad que tiene el diamante de exfoliarse; algunos ejemplares resisten la talla, siendo destinados para cortar el vidrio ó para reducirlos á polvo; se presentan, por lo comun, maclados ó compuestos de cristales unidos unos con otros. Hoy, como todo el mundo sabe, se talla esta piedra preciosa de varios modos, siendo la mas principal la talla en *brillante*, en *rosa* y en *tabla*. El brillante que, como hemos consignado, se monta al aire, consta de facetas ó de *jaqueles* en las dos caras que forman dos pirámides unidas por sus bases, la superior truncada en el ápice, y la inferior menos alta. El diamante rosa está labrado en la cara superior y se monta cerrado por el envés ó cara inferior. El diamante en tabla se talla en superficies planas, y se monta tambien cerrado por el envés á semejanza del diamante rosa.

El diamante es la piedra fina mas estimada y de mayor valor, variando este segun el peso y talla de la piedra. El valor de los diamantes naturales depende esencialmente de su peso, que se valúa por quilates, cuyo nombre se deriva de *karat*, palabra con que se designa en la India á una especie de haba, de la que se sirven para pesar los diamantes y per-

las. El quilate de los diamantes naturales, cuando se compran por lotes, vale generalmente de 180 á 190 reales, ó sea sesenta y cinco veces el valor del oro; los ejemplares que pesan mas de un quilate se aprecian, ó estiman, elevando al cuadrado el número de quilates, y el producto se multiplica por 180 ó 190: así, por ejemplo, un diamante de 6 quilates valdrá 6 × 6 × 190 = 6,840 reales; si el diamante está tallado en brillante se deduce su valor del precio del quilate, que en este caso vale de 800 á 1,000 reales, multiplicado por el cuadrado del número de quilates que pese: v. gr., un brillante de 6 quilates valdrá 6 × 6 × 1,000 = 36,000 reales. Sin embargo, el valor comercial de los diamantes varía segun el tamaño, su grado de perfeccion, su mayor ó menor abundancia, así como tambien del capricho ó de la moda.

Los diamantes de mas de 100 quilates son muy raros, y su valor es extraordinario: se les denomina *príncipes* ó *parangones:* príncipes, porque solo están al alcance de los reyes ó de los grandes potentados; y parangones, palabra tomada de otras dos griegas, que quieren significar modelo, esto es, piedra perfecta. Todos ellos, menos la *estrella del Sur*, proceden de la India. Entre los mas notables pueden citarse los siguientes: 1.° el del rajah de Mattan (Borneo), que pesa 367 quilates, ó sea mas de 75 gramos; vale mas de 46 millones; 2.° el del gran Mogol, que pesaba, despues de tallado, 279 quilates, equivaliendo su tamaño á la mitad de un huevo de gallina; este diamante está tasado en mas de 40 millones de reales; 3.° el diamante denominado en la India *koh-i-noor* ó montaña de luz, que pertenecia al shah Soodjah, rey de Cabul, y del que se apoderó el célebre Runjeet-Sing, rey de Lahore; Hira-Sing, sucesor de este rey, lo trasmitió á la Compañía de las Indias, que á su vez lo regaló á la reina de Inglaterra. La Montaña de luz pesaba en 1851 186 quilates, pero como su talla era bastante imperfecta, se le ha labrado de nuevo y ha quedado reducido á 122 quilates; 4.° el del emperador de Rusia, de 195 quilates, fué comprado por Catalina II á un americano, mediante la suma de 7.600,000 reales, una renta vitalicia de 10,000 francos y títulos de nobleza; 5.° el del emperador de Austria, que perteneció antes al gran duque de Toscana, pesa 139 quilates, y está valuado en 9.788,000 reales; 6.° el de la corona de Francia, conocido con el nombre de *Pitt* ó de *Regente*, porque fué comprado durante la minoría de Luis XV por el regente duque de Orleans á un inglés llamado Pitt; este diamante se dice fué comprado por 2.500,000 francos, pero se cree por algunos que costaba mucho mas. Está tallado en brillante, habiéndose tardado dos años en labrarle; antes de la talla pesaba 410 quilates, y está tasado en 19 millones, siendo el mas notable de todos por su limpieza y perfeccion; 7.° la Nueva montaña ó *estrella del Sur*, que es el único diamante de los llamados príncipes, que procede del Brasil; fué encontrado en la mina de Bogagen (Minas-Geraes); pesaba antes de la talla 254 quilates, pero ahora no tiene mas que 125.

USOS DEL DIAMANTE. — Esta piedra se emplea como el primer objeto de lujo, no solo por su escasez, sino por su brillo intenso, y por los vivos y diversos colores que ofrece bajo la influencia de los rayos lumínicos; el polvo sirve para su propio pulimento y para el de otras piedras finas; á causa de su extremada dureza le emplean los relojeros como sustentáculos ó apoyo de varias de las piezas que constituyen los relojes. Los vidrieros le usan para cortar el vidrio y cristal, valiéndose comunmente de diamantes naturales que presenten caras curvas ó abombadas; se supone por algunos que esta forma es precisa, no solo para cortar el cristal, sino tambien para que pueda separarse mejor sin mas que una débil presion verificada con la mano.

CORINDON Ó ZAFIRO—SESQUIÓXIDO DE ALUMINA— Fórmula química Al^2O^3

CARACTÉRES.—El *Corindon*, palabra derivada de la india *Korund*, nombre del «espato adamantino,» ofrece los siguientes caractéres: su forma primitiva es un romboedro agudo de 86° 6', casi idéntico al del hierro oligisto, con cuya sustancia es isomorfa; el brillo es vítreo, trasparente ó trasluciente, incoloro en estado de pureza, pero generalmente afecta diversos colores debidos á mezclas accidentales: estos colores, como veremos, suelen ser el rojo, azul, morado, verde, amarillo, siendo los ejemplares opacos de un gris oscuro ó de un pardo negruzco; la dureza del corindon está representada en la escala de Mohs por el número 9, siendo, por lo tanto, el cuerpo mas duro de todos despues del diamante; el peso específico es variable, puesto que el rubí oriental pesa 4,2 mientras que el zafiro y topacio oriental pesan 3,19, y el espato adamantino 3,6; infusible al soplete, pero si se le somete á una fuerte temperatura, despues de haber sido reducido á polvo y humedecido con nitrato cobáltico, produce una llama azul intensa; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

COMPOSICION EN PESO

Los diferentes análisis que se han practicado de ciertas variedades de corindon han dado los siguientes resultados:

	Zafiro de la India, por Klaproth.	Rubí de la India, por Smith.	Esmeril del Asia menor, por Smith.
Alúmina. . .	98,5	97,32	60,10
Oxido férrico.	1,5	1,09	33,20
Sílice. . . .	»	1,21	1,60
Agua. . . .	»	»	5,10
	100,0	99,62	100,00

VARIEDADES.—En el corindon ó zafiro pueden establecerse tres divisiones principales, que pertenecen á las tres especies que el célebre mineralogista Werner admitia; á saber: 1.ª la *telesia* ó *zafiro* propiamente dicho; 2.ª la *harmofana* ó *espato adamantino;* y 3.ª el *esmeril* ó *corindon granular.*

La «telesia ó zafiro,» comprende las piedras finas mas estimadas en la joyería despues del diamante: cristaliza en un dodecaedro bipiramidal, cuyas caras son triángulos isósceles; su fractura es vítrea é irregular, trasparente é incolora, cuando pura, ó de coloraciones diferentes debidas á materias tintóreas; estas coloraciones originan diversas sub-variedades, cuyos nombres seguidos del epíteto ó calificativo de «oriental» son los siguientes: 1.° «telesia,» si el ejemplar es completamente incoloro; 2.° «zafiro,» cuando es azul; 3.° «rubí,» si es rojo; 4.° «topacio,» si tiene color amarillo; 5.° «esmeralda,» cuando es verde; 6.° «amatista,» si es violado; las sub-variedades de color azul oscuro ó aquellas otras de aspecto opalino son las que presentan el fenómeno del asterismo.

La «harmofana ó espato adamantino,» cristaliza por lo general en prismas exagonales, de caras rugosas y casi siempre poco regulares; se presenta tambien «hojosa» y algunas veces «compacta,» siendo el color de todos los ejemplares el gris amarillento ó verdoso: la harmofana es opaca ó á lo sumo ligeramente traslúcida, y contiene, además del sesquióxido de alumino, sílice, óxido férrico y agua.

El «esmeril ó corindon granujiento,» que es casi siempre impuro, supuesto que además de los cuerpos citados en la

composicion de la harmofana lleva tambien magnesia, ofrece un color gris azulado ó negruzco y una dureza superior por lo menos á la del cuarzo.

YACIMIENTO.—Las variedades de telesia, tales como el rubí, esmeralda, amatista, etc. orientales, se hallan, como los diamantes, en terrenos de aluvion antiguos, siendo el criadero mas principal el de Pegú (Ceilan); la harmofana existe generalmente en rocas graníticas, tales como los mismos granitos comunes, pegmatitas y sienitas ó en las llamadas metamórficas, como los gneis, pizarras micáceas, dolomias y calizas sacaróideas; las localidades en donde mas abunda la harmafona son la China, India, Pegú, Montes Urales, Suecia, Francia y Piamonte. El esmeril se halla en las rocas cristalinas, en las pizarras micáceas, calizas y dolomias de ciertas localidades de Sajonia, Samos y Nicaria (Archipiélago griego), Esmirna y Gumugh, próximo á Efeso. En España se encuentra el esmeril en San Ildefonso ó la Granja (Segovia), Puebla de Alcocer (Badajoz), y Piedra Buena (Ciudad Real).

USOS.—Las variedades llamadas zafiros, esmeraldas, rubíes, amatistas y topacios orientales se emplean en la joyería, como piedras finas de un gran valor, llegando algunas veces á tener un precio idéntico ó superior al de los diamantes: así, por ejemplo, un brillante perfecto de cuatro quilates viene á valer unos 18 á 20,000 reales, mientras que un rubí perfecto del mismo peso suele costar de 24 á 26,000 reales. La talla de todas las variedades indicadas es la que hemos denominado «talla en grados,» que como se sabe no es mas que una ligera modificacion del brillante. El esmeril y la harmofana sirven para labrar y pulimentar los metales, el cristal y varias piedras duras; las variedades de telesia dotadas de un color azul oscuro ú opalino sirven para estudiar el fenómeno del asterismo.

CIMOFANA—ALUMINATO DE GLUCINA—Fórmula química Gl^2O^3, Al^3O^2

CARACTÉRES.—La *cimofana* (de las palabras griegas *cuma*, flotante, *fainos*, yo brillo), se la llama tambien «crisoberilo y crisolita oriental.» Esta especie mineralógica ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto, derivado del tercer sistema cristalino: este prisma no es exfoliable, tiene fractura y lustre vítreo, color verde amarillento ó verde de esmeralda, debido al óxido de cromo; raya al topacio y se deja atacar por el zafiro, siendo, por consecuencia, una de las piedras preciosas mas duras que se conocen. Su peso específico está representado por 3,7; insoluble en los ácidos é infusible al soplete: reducida á polvo y humedecida con el nitrato de cobalto, toma un color azul por la accion del calor.

COMPOSICION EN PESO

Alumina.	80,28
Glucina.	19,72
	100,00

VARIEDADES.—Puede decirse que solo existe la cimofana cristalizada en prismas exagonales, ora aislados ó bien reunidos, constituyendo verdaderas maclas. Algunos mineralogistas, teniendo presente el color, forman dos variedades de cimofana, á saber: 1.ª cimofana de un amarillo verdoso ó sea verde de espárrago, cuya variedad denominan crisolita oriental; 2.ª Alejandrita, de un color verde de esmeralda ó verde de prado.

YACIMIENTO.—La cimofana se encuentra en cristales diseminados y aislados en rocas graníticas, en el gneis, en las pizarras micáceas, ó en los detritos de estas mismas rocas que se hallan en los terrenos de aluvion. La crisolita oriental, ó sea aquella que ofrece un color amarillo verdoso, existe en las arenas de Ceilan y Borneo, en cuyas localidades va acompañada de la espinela y turmalina, así como en las arenas del Brasil está asociada al diamante y topacio. Se encuentra tambien diseminada, y en union con berilos, granates y turmalinas, en una roca pegmática de Saratoga (New-York). La variedad llamada Alejandrita se halla en una pizarra micácea, y asociada al berilo y penakita, en los criaderos de esmeralda de ciertas localidades de Siberia.

USOS.—Si bien es cierto que la cimofana es muy dura, se aprecia poco en la joyería por su débil trasparencia y color, á pesar de lo cual los ejemplares opalizantes llegan á adquirir un precio bastante elevado en el comercio; estas variedades se tallan en cabujon, por cuanto esta forma favorece los cambios de luz.

RUBI—ALUMINATO DE MAGNESIA—Fórmula química MgO, Al^2O^3

CARACTÉRES.—El rubí por excelencia ó propiamente dicho, que tambien se designa con los nombres de espinela, ceilanita, candita, pleonasta, etc., ofrece las propiedades siguientes: su forma primitiva es el cubo, presentándose, por lo general, cristalizado en pequeños cristales octaédricos ó dodecaédricos; su lustre es vítreo bastante intenso y dotado de una trasparencia que va pasando por todos los grados hasta convertirse en opaco; rara vez incoloro, ofreciendo, por lo comun, el color rojo, morado, verde, rosáceo, azul y aun negro; dureza superior á la del topacio, siendo rayado únicamente por el diamante, zafiro y cimofana. Infusible al soplete; solo experimenta, mediante la accion del fuego, cambio de colores; así, por ejemplo, el rubí rojo adquiere al principio un tinte verdoso, despues se decolora y pasa inmediatamente al color rojo primitivo; insoluble en los ácidos y demás reactivos. Ebelmen ha obtenido pequeños rubíes, fundiendo por medio del ácido bórico la alumina y magnesia.

COMPOSICION EN PESO DE LAS VARIEDADES PRINCIPALES DE RUBÍES

	Rubi espinela de Ceilan	Akerita	Pleonasta del Ural
Alumina. . .	67,01	68,94	65,27
Magnesia. . .	26,21	25,72	17,58
Oxido crómico.	1,10	»	»
Idem ferroso. .	0,71	3,49	13,97
Silice. . . .	2,02	2,25	2,50
	97,05	100,40	99,32

VARIEDADES DE FORMA.—El rubí octaédrico, forma la mas comun de todas, unas veces es perfecto, otras cuneiforme y en algunos casos parece un segmento del mismo octaedro que se hubiese cortado por un plano paralelo á dos de sus caras opuestas; hay tambien rubíes octaédricos emarginados que ofrecen una trasposicion; el rubí dodecaédrico, siendo su forma el dodecaedro romboidal, que presenta esencialmente la variedad llamada pleonasta; existe tambien la espinela ó rubí uniternario, que no es mas que el mismo dodecaedro romboidal con ligeras truncaduras en sus ángulos sólidos; esta forma corresponde tambien á la pleonasta.

VARIEDADES FUNDADAS EN EL COLOR Y COMPOSICION CUALITATIVA. — Se forman por la

mayor parte de los mineralogistas las siguientes: 1.ª rubí espinela; 2.ª rubí balaje; 3.ª la cloro-espinela; 4.ª candita, pleonasta ó ceilanita. El rubí espinela ofrece un color rojo carmin, no contiene esencialmente mas que aluminato de magnesia; es una de las piedras preciosas de mayor lustre vítreo, siendo muy estimada en la joyería. El rubí balaje tiene los mismos caractéres de composicion, dureza, etc., que la espinela, de la cual se distingue por su color rojo morado. La cloro-espinela ó espinela verde cristaliza en octaedros de color verde de yerba. La candita, pleonasta ó ceilanita es una variedad de rubí que contiene gran cantidad de óxido ferroso, por lo que, y teniendo en cuenta su color negro y su cristalizacion, Haüy la separó del rubí para constituir una especie particular, que designó con el nombre de pleonasta; esta variedad puede subdividirse en dos subvariedades, á saber: ceilanita y candita; la primera compuesta de aluminato de magnesia y de ferrato ferroso, ofrece un color verde oscuro, recibiendo el nombre de ceilanita, porque se la encontró por primera vez en Ceilan; la candita es negra, vítrea y procede tambien de la citada isla, donde se halla cerca de Candy, cuyo nombre toma.

YACIMIENTO.— Las variedades rojas y verdes se hallan en rocas graníticas, en el gneis y en rocas anfibólicas; los cristales octaédricos y dodecaédricos en arenas resultado de la disgregacion de las rocas graníticas. El rubí espinela y el balaje proceden de la India, Ceilan, Estados-Unidos, Birman y Pegú. La cloro-espinela se encuentra en Finlandia (Rusia) y en New-Jersey (Estados-Unidos). La ceilanita y candita se hallan, como se ha dicho, en Ceilan y Candy, existiendo tambien en New-Jersey, en New-York, Bohemia, Tirol, cerca de Montpellier (Francia) y en los terrenos volcánicos de la Somma (Nápoles).

USOS.—Como piedra fina es de gran valor, supuesto que las variedades rojas tienen un precio idéntico al de los rubíes orientales y los diamantes.

Algunos mineralogistas estudian á continuacion del rubí, las especies designadas con los nombres de gahnita y de hercynita: la primera es un aluminato de zinc, mezclado con una corta cantidad de aluminato de magnesia y aluminato de hierro: cristaliza, del mismo modo que la espinela, en octaedros sencillos ó hemitropiados, ofreciendo una verdadera trasposicion; su color es verde bajo de puerro ó verde azulado, el brillo vítreo y algun tanto craso, y su dureza idéntica á la del rubí; infusible al soplete, mezclada con la sosa despues de haber sido reducida á polvo, deposita sobre el carbon el óxido blanco de zinc: insoluble en los ácidos y demás reactivos. La hercynita está compuesta esencialmente de aluminato ferroso y una pequeñísima cantidad de magnesia: cristaliza en octaedros idénticos á los de la espinela; color negro; reducida á polvo ofrece un verde oscuro; la dureza es inferior á la de la gahnita, supuesto que es de 7,5; infusible al soplete, y reducida á polvo presenta un color rojo de ladrillo por la calcinacion.

SEGUNDO SUB-GRUPO.—*Piedras finas ó gemas silíceas*

Las especies mineralógicas incluidas en este grupo ofrecen de comun las propiedades siguientes: lustre vítreo intenso; colores accidentales vivos y agradables; dureza casi siempre superior á la del cuarzo; infusibles al soplete, excepto la mayor parte de los granates, la idocrasa y la axinita. Las especies principales que se hallan comprendidas en este grupo son: la esmeralda, fenaquita, euclasa, topacio, jacinto ó circon, granates, idocrasa, peridoto, turmalina, axinita y cordierita.

ESMERALDA—SILICATO DE ALUMINA Y GLUCINA—Fórmula química $Gl^2O^3 (SiO^2)^4 + 2\ Al^2O^3(SiO^2)^3$

CARACTÉRES.—La esmeralda, denominada tambien *berilo* y *agua marina*, está dotada de las siguientes propiedades: cristaliza en prismas exagonales, correspondientes al sistema romboédrico, exfoliables en sentido perpendicular al eje; son muy frágiles recien extraidos de la mina, porque conservan algo del agua de cantera, pero adquieren consistencia despues; su fractura es concoidea y el lustre vítreo bastante intenso; algunas veces la esmeralda es incolora, pero, por lo general, es verde, habiendo ejemplares de un verde mar, azulados ó amarillo verdosos; trasparente, traslúcida y aun opaca; dureza superior á la del cuarzo é inferior á la del topacio, estando representado su peso específico por 2,7. Infusible al soplete, perdiendo el color y trasparencia si es que la tiene; por la accion del borax se funde en un vidrio trasparente, incoloro, ó ligeramente verdoso si se hace el ensayo con la esmeralda del Perú; insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de la esmeralda de Muzo

	Por Vauquelin	Klaproth	Lewy
Sílice.	64,40	68,50	67,85
Alumina.	14,00	15,75	17,95
Glucina.	13,00	12,50	12,40
Oxido de cromo. . .	3,50	0,30	indicios.
Oxido de hierro. . .	»	1,00	»
Cal y magnesia. . .	2,56	0,25	0,90
Oxido de sodio. . .	»	»	0,70

Agua marina de Siberia

	Vauquelin	Klaproth
Sílice.	68	6,45
Alumina.	15	15,75
Glucina	14	16,50
Oxido de hierro. . . .	1	60,50
Oxido de calcio. . . .	2	»

Berilo de Limoges

Análisis de Gmelin

Sílice.	67,54
Alumina.	17,63
Glucina..	13,51
Oxido de hierro. . . .	»
Cal.	»

VARIEDADES.—La esmeralda presenta dos variedades principales, á saber: *esmeralda propiamente dicha* y *berilo*. La primera cristaliza en prismas exagonales regulares, con truncaduras algunas veces en los ángulos; el color de la esmeralda es el verde puro y agradable que todo el mundo conoce, debido al óxido de cromo. El berilo cristaliza tambien en prismas exagonales, ofreciendo casi siempre las caras estrías longitudinales ó sean paralelas con las aristas laterales; esta variedad puede ser incolora, verde claro, amarilla y azul; los ejemplares que presentan un tinte verde claro ó ligeramente azulado, se llaman *aguas marinas*.

YACIMIENTO.—Las esmeraldas se hallan, por lo comun, en cristales diseminados ó enclavados en rocas graníticas ó pizarrosas, y especialmente en pegmatitas y pizarras micáceas y arcillosas; en algunos puntos existen unidas á

pizarras y calizas de los terrenos cretáceos. La mayor parte de esmeraldas usadas por los antiguos procedian del alto Egipto; los ejemplares de este punto ofrecen un verde bastante intenso, pero son poco trasparentes, siendo una de las mas notables la que adorna la tiara de los papas, esmeralda que se supone procede de la citada localidad, porque se conocia en Roma en la época del papa Julio II, cuyo pontificado fué anterior al descubrimiento y conquista del Perú. Esta esmeralda consiste en un cilindro de 27 milímetros de altura por 34 de diámetro. Los hermosos ejemplares que circulan hoy en el comercio proceden de Muzo, próximo á Santa Fe de Bogotá (Colombia ó Nueva-Granada), por lo que mas bien que *esmeraldas del Perú*, deben llamarse *esmeraldas de Colombia*. Segun M. Lewy, las variedades que se hallan en Muzo constituyen filones horizontales en medio de una caliza bituminosa fosilífera, estando acompañadas de pirita de hierro, de cristal de roca, de espato calizo y de un mineral sumamente raro, el *carbonato de Lantano*. Se encuentran tambien esmeraldas de grandes dimensiones en Siberia, y otras mas pequeñas en Salzburgo (Alemania) y en las montañas de Morne (Inglaterra). Las marinas mas estimadas son las de Minas-Geraes (Brasil) y de Siberia, en donde tienen por ganga rocas graníticas. Los buenos berilos proceden de las Indias orientales. Existen berilos comunes y de tamaño mas ó menos considerable en Finlandia (Rusia), Brodbo (Suecia), Irlanda, Sajonia, Nantes (Francia), Estados-Unidos, etc. En España hay berilos cristalizados, de un verde-amarillo, opacos y de gran tamaño, en la calzada de Pontevedra y San Juan de Pesqueiras (Galicia).

USOS.—La esmeralda propiamente dicha, de tintas homogéneas y sin lo que llaman jardinillo los lapidarios, es una de las piedras finas mas estimadas, pagándose las pequeñas de 140 á 300 reales el quilate, y las grandes de 600 á 1,000 reales. Se tallan en grados y montadas al aire, acostumbrando los joyeros á rodearlas de un cerquillo de diamantes. Esta piedra fina se conoce desde la mas remota antigüedad, siendo una de las que adornaban el pectoral de Aaron. Los romanos la llamaban *smaragdus*, y la confundian con otros minerales de color verde mas ó menos análogo al de la esmeralda. Segun refiere Plinio, el célebre Neron se entretenia en mirar los juegos del circo romano á través de una esmeralda, que le servia de lente. Las aguas marinas y berilos tienen mucho menos valor; por lo comun se pagan al precio de los topacios.

FENAQUITA—SILICATO DE GLUCINA—Fórmula química Gl^2O^3, SiO^2

CARACTÉRES.—La fenaquita, de la palabra griega *fenax*, engañador, porque sus cristales fueron confundidos con los del cuarzo exagonal, tiene las particularidades siguientes: su forma primitiva es un romboedro de 116° 40; incolora, roja de vino ó rosácea, trasparente, de lustre vítreo y fractura concoidea; raya al cuarzo y se deja atacar por el topacio; muy frágil, estando representado su peso específico por 2,97. Infusible por sí sola al soplete, pero produce, por medio del borax, un vidrio incoloro y trasparente; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	55,14
Glucina..	44,47
Cal.	0,39
	100,00

VARIEDADES.—Se presenta cristalizada en romboedros modificados por medio de truncaduras en todas las aristas y aun en los ángulos laterales; tambien existen cristales exagonales apuntados como los cristales de cuarzo.

YACIMIENTO.—Existe la fenaquita en cristales hialinos, acompañada de la cimofana y berilo, en una pizarra micácea de Takowaja (Montes Urales); diseminada en un cuarzo ferruginoso en Framont (Vosgos), y en algun otro punto.

USOS.—En realidad no tiene aplicaciones de ningun género: ofrece, sin embargo, grande interés bajo el punto de vista mineralógico, por sus formas idénticas á veces con las del cuarzo.

EUCLASA—SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE GLUCINA Fórmula química $Gl^2O, (SiO^2)^2 + 2Al^2O^3, SiO^2$

CARACTÉRES.—La euclusa, palabra derivada de otras dos griegas, *eu*, bien, *clao*, yo rompo, porque tiene la particularidad de exfoliarse ó de romperse con suma facilidad, está dotada de las siguientes propiedades: forma primitiva un prisma romboidal oblicuo simétrico; color verde de agua análogo al del agua marina ó azul mas ó menos intenso, su lustre es vítreo y la fractura trasversal, concoidea; raya al cuarzo y aun al topacio, pero á causa de su gran fragilidad no puede usarse como piedra fina; se electriza por la simple presion, conservando este carácter por espacio de 24 horas; peso específico de 3,1. Se funde únicamente en los bordes con gran dificultad; insoluble en los ácidos

COMPOSICION EN PESO

Análisis segun Berzelius

Sílice.	43,22
Alumina.	30,56
Glucina..	21,78
Oxido ferroso.. . .	2,22
Oxido de estaño.. .	0,70
	98,48

VARIEDADES.—No se conoce hasta ahora mas que en cristales prismáticos oblicuos, de diez ó mas caras con apuntamientos en las cuatro mas dominantes.

YACIMIENTO.—La euclasa ha sido mencionada por primera vez por el célebre botánico Dombay, siendo los ejemplares que reconoció, procedentes de Rio-Janeiro; se ha encontrado en la itacolumita de Minas-Geraes (Brasil), y hace pocos años en Connecticut (América del Norte), donde está asociada al topacio, fluorina y mica argentina; se halla además en la parte meridional de los montes Urales, yendo acompañada del corindon, topacio y distena.

USOS.—A causa de su gran fragilidad no puede emplearse en la joyería.

TOPACIO—FLUOSILICATO DE ALUMINA—Fórmula química $3Al^2O^3, SiO^2 + Al^2O^3, Fl^2O^3$

Los lapidarios, por lo general, dan el nombre de topacio á toda piedra fina dotada de color amarillo. En Mineralogía se reunen bajo esta denominacion gemas y aun tambien sustancias de aspecto litoideo que ofrecen ciertos caractéres esenciales, aunque sus colores sean diferentes. El topacio puede dividirse en tres subespecies ó secciones, á saber: 1.ª topacio propiamente dicho; 2.ª picnita; y 3.ª pirofisalita.

TOPACIO PROPIAMENTE DICHO

CARACTÉRES.—La forma primitiva es un prisma romboidal recto perteneciente al tercer sistema, exfoliable en direccion paralela á la base; su fractura, concoidea, lustre vítreo; el topacio á veces es incoloro y de una limpieza perfecta (topacio gota de agua del Brasil), pero comunmente se presenta amarillo, anaranjado, rosáceo, azul, verdoso, etc.; los topacios coloreados son tricroitas, esto es, presentan, cuando se miran en la direccion de sus tres ejes rectangulares, tres clases de colores, como se nota en los topacios del Brasil que ofrecen tintas verdosas, blancas y moradas. Esta sustancia raya al cuarzo y se deja rayar por el zafiro, ocupando el número 8 en la escala relativa de Mohs; su peso específico es de 3,5; se electriza negativamente por el frote y el calor, conservando las variedades hialinas la propiedad eléctrica lo menos veinticuatro horas. Infusible al soplete, pero se cubre de ampollas muy finas, adquiriendo por la accion del fuego un color rojo ó rojo violado, dando orígen á la variedad denominada «topacio quemado;» es insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Análisis del topacio del Brasil (Berzelius)

Sílice.. . . .	34,01
Alumina.. . .	58,38
Fluor.. . . .	7,79
	100,18

VARIEDADES.—1.ª Topacio del Brasil, cristalizado en prismas prolongados apuntados por pirámides y con estrías longitudinales, siendo sus colores dominantes el amarillo-rojizo, y algunas veces rosáceo ó morado; los ejemplares de este último color son bastante estimados en joyería, pero como son muy raros los naturales, se obtienen artificialmente (topacio quemado), sometiendo los de color sonrosado á una temperatura moderada; los ejemplares naturalmente rojos reciben el nombre de «rubíes del Brasil.»—2.ª Variedad, topacio de Sajonia. Cristaliza en prismas cortos, truncados en los ángulos agudos; color amarillo poco intenso, habiendo ejemplares trasparentes.—3.ª Variedad, topacio de Siberia. Se presenta en cristales análogos á los del anterior, aunque algunos ofrecen un volúmen considerable; su color es un blanco azulado, azul verdoso, y tambien incoloros y trasparentes.

TOPACIO PICNITA

La picnita se presenta cristalizada en prismas acanalados y sobrepuestos unos á otros; su estructura es bacilar, color gris amarillento, dureza inferior á la del topacio, siendo su peso específico idéntico al de esta subespecie, pero superior al del berilo, en donde el célebre Werner estudiaba la picnita. Infusible al soplete, pero se cubre mas pronto de burbujas que el topacio.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.. . . .	39,04
Alumina.. . .	51,23
Fluor.. . . .	18,48
	108,75

VARIEDADES.—La picnita, como se ha dicho, cristaliza en prismas acanalados, anchos y muy frágiles en la direccion trasversal, derivados del tercer sistema.

PIROFISALITA

CARACTÉRES.—La pirofisalita, que no es mas que el topacio prismatóideo de Haüy, ó el topacio comun de los alemanes, se presenta en cristales abultados y tambien mas ó menos amorfa, opaca, trasluciente, incolora ó dotada de un color verde claro. Los demás caractéres físicos, excepto los eléctricos, son idénticos á los del topacio; si se somete una lámina muy delgada de esta sub-especie á la accion del soplete, se cubre de burbujas muy finas que llegan á romperse ó abrirse por completo, de donde toma el nombre de pirofisalita.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	34,36
Alumina.	57,74
Fluor.	14,26
	106,36

VARIEDADES.—En cristales ó masas fibrosas bacilares.

YACIMIENTO.—Los topacios del Brasil se hallan implantados en las rocas graníticas y pizarrosas de Minas-Geraes, y en los filones que atraviesan las rocas indicadas; existen además en cantos rodados acompañando á los diamantes, en los aluviones auríferos de Serra do Frio y Minas-Novas (Brasil); en estas localidades se encuentran á menudo ejemplares de un blanco algo verdoso ó incoloros y completamente trasparentes, á los que llaman los portugueses gota de agua. Los topacios de Siberia están unidos al cristal de roca, berilo, fluorina y fenaquita; se hallan en el monte Ifmen, en los Urales, en Escocia, Irlanda y Australia. Los topacios de Sajonia se encuentran en rocas feldespáticas, y especialmente en la pegmatita, constituyendo en union de esta una roca, que los alemanes llaman *topazfels* (roca topaciana), en la que no solo hay cristales de topacio sino tambien la turmalina negra. En Connecticut (Estados-Unidos) existen topacios incoloros y del tamaño de siete á ocho pulgadas de diámetro; los ejemplares de topacio que tienen un amarillo de paja proceden del Asia menor, siendo este el verdadero topacio de los joyeros.

USOS.—Se emplea como piedra fina de poco valor entre los lapidarios, teniendo, no obstante, un precio algo elevado los del Brasil, el amarillo de paja, el quemado y el llamado gota de agua, que se suele confundir por su brillo intenso con los verdaderos diamantes.

Segun los joyeros, el topacio ocupa el décimo lugar entre las piedras finas ó de adorno, supuesto que está colocado despues de la amatista, como puede verse en la siguiente tabla:

Piedras finas ó de adorno empleadas en la joyería

1.ª Diamante.	11 Agua marina.
2.ª Rubí.	12 Jacinto.
3.ª Esmeralda.	13 Cornerina.
4.ª Zafiro.	14 Venturina.
5.ª Opalo.	15 Onice.
6.ª Turquesa.	16 Agata.
7.ª Granates.	17 Cristal de roca.
8.ª Peridoto.	18 Lapislázuli.
9.ª Amatista.	19 Ambar.
10 Topacio.	20 Azabache.

JACINTO Ó CIRCON—SILICATO DE ZIRCONA—Fórmula química Zi^2O^3, SiO^2

CARACTÉRES.—Esta especie, llamada además ceilanita, jargon, eudialita, etc., tiene por forma fundamental un prisma ú octaedro de base cuadrada, que deriva del segundo sistema cristalino; la fractura es concoidea, ondulante y brillante, lustre vítreo poco intenso y algun tanto craso ó diamantino; su color es ó amarillo verdoso, pardo, agrisado y aun incoloro (circon); rojo vinoso ó pardo rojizo (jacinto); dureza superior á la del cuarzo é inferior á la del topacio, estando representado su peso específico por 4,5 ó 4,6, mayor que el de todas las piedras preciosas. Infusible al soplete; las variedades de color rojo por la accion del calor adquieren un tinte amarillento ó se ponen incoloras; las de color moreno se vuelven blancas; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

COMPOSICION EN PESO

	Jacinto d'Expailly (Berzelius)	Circon de Noruega (Klaproth)
Sílice.	33,48	33
Zircona.	66,52	66
	100,00	99

VARIEDADES.—Las dos variedades de este mineral pueden considerarse como dos verdaderas sub-especies que representan las dos especies que Werner formó con esta sustancia, á saber: el jacinto y el circon. El jacinto cristaliza en dodecaedros romboidales simétricos ó en prismas de base cuadrada apuntados; color rojo vinoso ó pardo anaranjado, cuya coloracion desaparece sin mas que exponer un fragmento á la simple llama de una bujía; el brillo que ofrece el jacinto es bastante intenso, y su trasparencia es casi completa. El circon cristaliza en prismas de base cuadrada apuntado por pirámides cuadrangulares formadas por triángulos isósceles; incoloro, en cuyo caso es trasparente, ó bien, como se ha dicho, amarillo verdoso, gris y de color de canela; brillo craso y algo diamantino, por lo que cuando se tallan algunos ejemplares de circon, sobre todo los que proceden de Ceilan, se confunden con los diamantes.

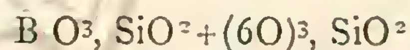
YACIMIENTO.—Los jacintos y circones se hallan diseminados en rocas graníticas ó volcánicas, siendo la sienita una de las rocas donde mas abundan, por cuya razon en Noruega la llaman sienita circonífera; existen tambien en las arenas procedentes de la descomposicion de rocas graníticas. Los circones proceden de los montes Urales, Tirol, Vosgos y Mosela (Francia), Ceilan, Bretaña y Nueva Jersey (Estados-Unidos); los jacintos de Ceilan, Noruega, Bohemia y Provenza (Francia). Segun el señor Naranjo, los jacintos se encuentran en las arenas auríferas de la provincia de Leon (España).

USOS.—Se emplea como piedra fina de poco valor; el nombre de jacinto se ha hecho extensivo á piedras diferentes, que presentan un rojo anaranjado mezclado de matices pardos. La generalidad de los jacintos que circulan en el comercio pertenecen á la variedad del granate grosulario ó piedra de canela.

GRANATES

Con el nombre de granates *(de granatum*, granada) se comprende gran número de minerales que cristalizan en dodecaedros romboidales ó trapezoedros pertenecientes al sistema cúbico. El célebre mineralogista Haüy los reunió en una sola especie; pero Beudant considera á los granates como un grupo genérico, compuesto de varias especies isomorfas, tales como el granate grosulario, almandino, melanito y espesartino. No obstante, estos minerales isomorfos puede decirse que jamás existen separados en la naturaleza, hallándose constantemente mezclados entre sí, y variando las mezclas hasta el punto de convertirse unas especies en otras. Por esta razon, y teniendo además presente la analogía de propiedades físicas y aun químicas, los mineralogistas modernos no constituyen con los granates mas que una especie, que subdividen en varias ó sub-especies.

CARACTÉRES GENERALES DE LA ESPECIE GRANATE.—Tienen por forma primitiva un dodecaedro romboidal: fractura vítrea y concoidea, dureza, por lo comun, superior á la del cuarzo é inferior á la del topacio, siendo su peso específico de 3,5 á 4,5. Se funden al soplete (excepto el ouwarovito) en un glóbulo vítreo mas ó menos coloreado, que algunas veces ofrece un aspecto metaloideo, siendo tambien en ciertos casos mas ó menos magnético; este último carácter indica desde luego la presencia del óxido de hierro. Tratados por un fundente proporcionan las reacciones del hierro, del manganeso ó del cromo; las variedades compuestas de óxido de calcio se disuelven en el ácido hidroclórico, mientras que son insolubles todas las demás. Rara vez se presentan los granates incoloros; sus matices mas comunes son el rojo, moreno, negro, amarillo y verde; siendo, sin embargo, mas frecuente el rojo, por lo que, y teniendo en cuenta la forma mas ó menos redondeada de sus cristales parecidos á los granos de la granada, han recibido el nombre de granates. La fórmula general de todos ellos es la siguiente:



$$B\,O^3, SiO^2 + (6O)^3, SiO^2$$

Los granates, como hemos indicado, se dividen en varias sub-especies, siendo las mas esenciales las siguientes: 1.ª granate grosulario: 2.ª almandino; 3.ª melanito; 4.ª espesartino; 5.ª ouwarovito.

GRANATE GROSULARIO—SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE CAL—Fórmula química $Al^2O^2,SiO^2 + (CaO)^3,SiO^2$

CARACTERES.—Sus formas mas frecuentes son el dodecaedro romboidal ó trapezoedro, se presenta incoloro, verde de grosella, de donde toma el nombre de grosulario, y rojo de jacinto ó de miel, constituyendo la variedad denominada esonita ó granate de Filipinas. Se funde al soplete en un esmalte gris con un ligero tinte verdoso, cuyo esmalte suele ser magnético; reducido á polvo, se disuelve en el ácido hidroclórico, y si se trata la disolucion por el oxalato amónico, se obtiene un precipitado blanco de oxalato de cal.

LOCALIDADES.—Hállase el granate grosulario en Siberia y Hungría; la variedad llamada esonita existe en los Grisones, en las islas Filipinas, Ceilan y Pargas (Finlandia). En España hay granates grosularios en el Barranco de Belen (Cataluña), y Orbaiceta (Navarra).

GRANATE ALMANDINO—SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE ÓXIDO FERROSO—$Al^2O^3,SiO^2 + (FeO)^3,SiO^2$

CARACTÉRES.—Cristaliza como todos los demás granates en dodecaedros romboidales ó trapezoedros; color rojo, rojo-morado, moreno oscuro y negro. Se funde al soplete en un glóbulo magnético; insoluble en los ácidos; tra-

tado por un fundente, y sometido despues á la accion del cianuro férrico-potásico, da la coloracion azul de Prusia.

VARIEDADES.—Si ofrece un color rojo violado se le llama granate sirio ó granate oriental; si es rojo de fuego muy vivo, granate piropo ó carbunclo de los antiguos, cuya variedad contiene cierta cantidad de magnesia, por lo que algunos mineralogistas le denominan granate magnésico; si presenta un color rojo oscuro ó vinoso, granate de Bohemia ó comun; por último, si tiene color rojo y mirado al trasluz ofrece un matiz morado, se llama por los lapidarios granate *vermelleta*.

LOCALIDADES.—Los granates orientales ó nobles proceden del Pegú ó de Siam, Ceilan, Groenlandia, Transilvania y Tirol; el granate piropo ó magnésico procede de Bohemia y de Sajonia; el *vermelleta* viene del Piamonte. Las variedades comunes son muy abundantes en España, pudiendo citarse entre otras localidades, Sierra Alhamilla y cabo de Gata (Almería), toda la cordillera de Sierra Nevada y varios sitios del Pirineo correspondiente á la provincia de Gerona.

GRANATE MELANITO—SILICATO DE ÓXIDO FERRICO Y SILICATO DE CAL—Fórmula química
$Fe^2O^3, SiO^2+(CaO)^3 SiO^2$

CARACTÉRES.—El color dominante de este granate es el negro con un ligero tinte amarillento; su dureza es inferior á la del cuarzo y superior á la del feldespato. Se funde al soplete en un glóbulo ó escoria negra muy magnética; soluble en parte en el ácido hidroclórico, dando la disolucion el precipitado azul de Prusia por medio del cianuro ferroso potásico.

VARIEDADES.—En esta subespecie se incluyen la inmensa mayoría de los granates denominados comunes, los cuales carecen de traslucencia y de viveza de colores: corresponden á este grupo, segun la opinion de algunos mineralogistas, las variedades siguientes: 1.ª granate aplomo, de color moreno verdoso, y sobre cuyos cristales dodecaédricos se notan en ciertos casos caras del cubo y alguna vez del octaedro. Haüy creia que la forma primitiva del granate aplomo era el cubo, y constituia con esta variedad una especie distinta de granate; 2.ª variedad, granate verdoso ó alocroita; 3.ª granate moreno ó poliadelfita; 4.ª granate negro ó melanita propiamente dicha; 5.ª el mismo granate vermelleta; y 6.ª la colofonita, granate de lustre resinoso y de color moreno negruzco.

LOCALIDADES.—El granate aplomo se halla en Lena (Siberia), en Sajonia é Inglaterra; el alocroita en Noruega; la poliadelfita en los Estados-Unidos; los granates negros en Frascati, Albano y cercanías de Roma, Laponia, y en las rocas cristalinas próximas al Vesubio, etc. En España existe en diversas localidades.

GRANATE ESPESARTINO—SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE ÓXIDO DE MANGANESO—Fórmula química
$Al^2O^3, SiO^2 + (MnO)^3, SiO^2$

CARACTÉRES.—Se presenta cristalizado en dodecaedros romboidales con las caras estriadas; su color es rojo morado ó rojo oscuro; dureza superior á la del cuarzo. Se funde al soplete en esmalte, que en ciertos casos es magnésico; produce, tratado con el borax, la reaccion del manganeso.

LOCALIDADES.—Se encuentra esencialmente en Baviera, Brodbo (Suecia) y Connecticut (Estados Unidos).

GRANATE OUWAROVITO—SILICATO DE SESQUIÓXIDO DE CROMO Y SILICATO DE CAL—Fórmula química
$Cr^2O^3, SiO^2 + (CaO)^3, SiO^2$

CARACTÉRES.—Cristaliza en dodecaedos romboidales; color verde de esmeralda que recuerda la dioptasa; trasparente, brillo resinoso, y dureza superior á la del cuarzo é inferior á la del topacio. Este granate es el único que no se funde al soplete; por medio del borax acusa la presencia del óxido de cromo.

LOCALIDADES.—Se encuentra en Bissersk (Montes Urales).

YACIMIENTO GENERAL DE LOS GRANATES.—Constituyen, aunque en muy raros casos, capas ó lechos en estado compacto ó granudo en los terrenos de cristalizacion; pero, por lo general, se hallan diseminados en rocas graníticas, volcánicas y metamórficas, siendo algunas veces tan abundantes que parece que forman un elemento esencial de las citadas rocas. Forman parte de los granitos comunes, de los gneis, pizarras talcosas y micáceas, serpentinas y aun de calizas metamórficas. En España, como hemos indicado, se encuentran los granates melanitos, las variedades comunes del almandino y el espesartino en sierra Alhamilla y cabo de Gata (Almería), cordillera de Sierra Nevada (Granada) y en el Pirineo de Cataluña; así como el granate grosulario en Orbaiceta (Navarra) y Barranco de Belen (Cataluña).

USOS.—Se emplean como piedras finas las variedades de colores vivos, trasparentes ó traslúcidas; los joyeros aprecian bastante el granate oriental ó noble, el piropo, el de Bohemia y el llamado jacinto. Su valor en el comercio con relacion á las otras piedras preciosas no deja de ser considerable, supuesto que ocupan el séptimo lugar. Se tallan frecuentemente en cabujon; para disminuir su color demasiado intenso, se les ahueca por la parte interior y se les pone una hoja metálica de plata.

IDOCRASA—SILICATO DE ALUMINA, DE CAL Y DE HIERRO—Fórmula química $Al^2O^3, SiO^2 + (CaO, FeO, MgO) SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, designada tambien con los nombres de *Vesubiana ó crisolita de Nápoles*, cristaliza en prisma recto de base cuadrada, perteneciente al segundo sistema cristalino; su fractura es vítrea; color pardo rojizo, en cuyo caso se llama *Vesubiana*, verde amarillento, denominada *frugardita*, ó azul celeste, *ciprina*; raya al feldespato y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 3,2. Se funde al soplete en un vidrio ampolloso, amarillo y traslúcido; pero si se mezcla con el borax, produce un vidrio trasparente y coloreado por el óxido férrico.

COMPOSICION EN PESO

Vesubiana.

Sílice	37,75
Alumina	17,23
Oxido de hierro	4,43
Cal	37,35
Magnesia	3,79
	100,55

Composicion que se traduce por un silicato de alumina y de cal con pequeñas cantidades de óxido de hierro y de magnesio. En algunos ejemplares la potasa reemplaza á la magnesia.

VARIEDADES.—Cristalizada en «prismas» de «base

cuadrada», con truncaduras en las aristas verticales; se conocen tambien variedades «granudas, compactas y bacilares».

YACIMIENTO.—Se halla la idocrasa en pizarras talcosas, dolomias y lavas del Vesubio. La variedad que hemos designado con el nombre de «Vesubiana» se encuentra en la Somma, acompañada de granates, rubí espinela, circon y otras especies; la idocrasa llamada de Siberia, caracterizada por su color verde oscuro, existe en una serpentina alterada cerca de la desembocadura del rio Wiloui (Siberia); la «frugardita» en Frugard (Finlandia); la «ciprina» en Tellemarken (Noruega); por último, hay tambien idocrasas de un color moreno-agrisado en Suecia, moradas ó manganesíferas, en el Piamonte, verde-amarillentas en este mismo punto, tambien verdes y amarillas en el Tirol. En España, segun Naranjo, se encuentran idocrasas en los gneis de Buitrago y Escorial (Madrid).

USOS.—Las variedades de idocrasas, que son algun tanto trasparentes y de colores intensos, se tallan en Nápoles como piedras finas, las cuales reciben el nombre de «gemas del Vesubio.»

PERIDOTO—SILICATO DE MAGNESIA Y PROTÓXIDO DE HIERRO—Fórmula química $(MgO\ FeO)^3\ SiO^2$

CARACTÉRES.—El peridoto se le llama tambien crisolita de los volcanes y olivino; segun el mineralogista Haüy, la forma primitiva de los cristales de Oriente, es el prisma rectangular recto del tercer sistema; pero los procedentes del Vesubio tienen por forma un prisma romboidal oblicuo, su fractura es vítrea y brillante: color verde-amarillento, verde claro ó de aceituna; raya el feldespato y se deja rayar aunque con dificultad por el cuarzo, siendo su peso específico de 3,3 á 3,5. Infusible al soplete, solo ofrece un principio de fusion cuando contiene grande cantidad de óxido de hierro; soluble en el ácido hidroclórico, especialmente la variedad llamada olivino; tratado por el ácido nítrico pierde su color.

COMPOSICION EN PESO

	Peridoto del Vesubio (Walmstedt)	Peridoto oriental (Estromeyer)
Sílice.	40,08	39,73
Magnesia. . . .	44,22	50,13
Protóxido de hierro .	15,26	9,19
	99,56	99,05

VARIEDADES.—La llamada «crisolita,» que cristaliza en prismas romboidales oblicuos, ó prismas octógonos modificados, trasparentes y verdes ó verde amarillentos. El «olivino» de estructura granular, siendo su color el verde ó verde amarillo de aceituna; existen algunos ejemplares rojizos debido á la descomposicion que han experimentado en contacto de la atmósfera.

YACIMIENTO.—Los cristales de Oriente presentan aristas redondeadas, por lo que se supone que pertenecen á terrenos de acarreo; las otras variedades se hallan diseminadas en rocas basálticas ó constituyendo parte de masas meteóricas. El olivino es mas comun que la crisolita y existe en pequeñas masas granulares ó en riñones de algun terreno diseminados en los basaltos ú otras rocas volcánicas. En España se encuentra el olivino en varios puntos de las provincias de Gerona, Lérida y Huesca, siendo notable sobre todo el criadero de Ciudad-Real, donde existe el olivino diseminado en una roca basáltica.

USOS.—Los ejemplares de crisolita trasparentes y de alguna magnitud se emplean en la joyería como piedra fina; pero es poco estimada á causa de su escasa dureza.

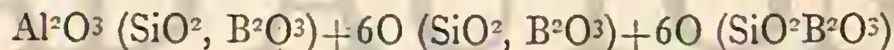
TURMALINA—SÍLICO-BORATO DE ALUMINA y otras bases variables que pueden ser la «cal, óxido de hierro, de manganeso, potasa, sosa y litina.»

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica se la conoce tambien con los nombres de «chorlo negro, indicolita y rubelita.» Cristaliza en prismas de seis á nueve caras, correspondientes al sistema romboédrico; fractura concoidea, ofreciendo casi siempre un corte triangular: su color puede ser el negro, rojo, verde, azul, moreno y rara vez incolora y límpida; raya al cuarzo y se deja rayar por el topacio, siendo su peso específico de 3,3. La turmalina, como se dijo al hablar de los caractéres en general, adquiere mediante el calor la electricidad polar. Ciertas variedades de esta especie se funden con mas ó menos dificultad, segun su composicion, en una escoria negruzca ó agrisada, ó bien en esmalte blanco ó coloreado y mas ó menos ampolloso; otras son completamente infusibles ó fusibles á lo mas en los bordes, habiendo necesidad de verificar el ensayo sobre agujas muy finas ó láminas delgadas; en este caso se encuentran las turmalinas que contienen litina; aquellas otras en cuya composicion entra la magnesia, se funden fácilmente aumentando al propio tiempo de volúmen. Si sobre el hilo de platino se funden las turmalinas con partes iguales de espato fluor y de bi-sulfato potásico, se reconocerá la presencia del ácido bórico por la propiedad que tiene de dar un color verde á la llama del soplete.

COMPOSICION EN PESO

	Rubelita de Rosena	Chorlo negro de Baviera
Sílice.	43,12	35,48
Acido bórico. . .	5,74	4,02
Alumina. . . .	36,43	34,75
Oxido de hierro. .	»	17,44
Oxido de manganeso	6,32	1,89
Cal.	1,20	»
Magnesia. . . .	»	4,68
Potasa y sosa. . .	2,41	2,23
Litina.	2,04	»

Esta composicion tan complicada é incierta contribuye á que no pueda darse una fórmula atómica clara y sencilla; no obstante, en esta composicion existen dos grupos esenciales: 1.º sílico-borato-aluminoso, 2.º sílico-borato de base simple, que pueden representarse por las fórmulas siguientes:



$$Al^2O^3\ (SiO^2,\ B^2O^3) + 6O\ (SiO^2,\ B^2O^3) + 6O\ (SiO^2B^2O^3)$$

En esta fórmula, 6O, representa los protóxidos de hierro, de manganeso, de magnesio, potasio, sodio, etc.

VARIEDADES.—Haüy describe diez y nueve variedades diferentes, siendo todas ellas cristales prolongados apuntados; la mayoría de estos cristales son trasparentes en el sentido de su espesor, y opacos en el de su longitud; se conocen además las variedades cilindroideas que, agrupándose con frecuencia, dan orígen á masas bacilares ó á reunion de cristales entrecruzados; la variedad acicular, compuesta de agujas mas ó menos finas, dispuestas en hacecillos ó radiadas. Teniendo en cuenta el color se pueden formar las variedades siguientes: 1.ª Turmalina incolora ó blanca, variedad bastante rara y que se encuentra en la dolomia de San Gotardo y en un granito de la isla de Elba; 2.ª Turmalina ó

chorlo negro: esta variedad es la mas comun de todas y se confunde con cristales del anfibol negro y del piroxeno aujito, pero se distinguen desde luego por las virtudes eléctricas de la turmalina; las variedades negras contienen grande cantidad de óxido de hierro; 3.ª Turmalina amarilla, de un amarillo pardusco ó amarillo de topacio; 4.ª Turmalina verde, que pueden ser de un verde amarillo, como las de Ceilan, verde de yerba las de San Gotardo, verde claro las del Brasil, denominadas por los lapidarios «esmeraldas del Brasil»; 5.ª Turmalina azul ó indicolita; se presenta en prismas cilindroideos, en agujas radiadas ó dispuestas en hacecillos, siendo su color dominante el azul índigo; 6.ª Turmalina roja ó rubelita, llamada tambien siberita y apira, cuyo nombre es debido á su poca ó ninguna fusibilidad; se halla esta variedad en cristales cilindroideos ó en masas aciculares. Por último, algunos mineralogistas, teniendo presente los diferentes álcalis que entran en la composicion de las turmalinas, han constituido tres grupos principales, á saber: potasíferas, sodíferas y litiníferas. Las variedades incoloras, negras y amarillas carecen de litina, mientras que contienen esta base las azules, rojas y verde-intenso.

YACIMIENTO.—Se encuentran las turmalinas engastadas en rocas micáceas, talcosas, en filones de cuarzo y feldespato, y asociadas á ciertos granitos y dolomia de San Gotardo. Los cristales de Ceilan y del Brasil se hallan en terrenos de aluvion, resultado de la descomposicion de diversas rocas metamórficas. Existen tambien turmalinas blancas en San Gotardo é isla de Elba; las amarillas en los Estados-Unidos y Ceilan; las verdes en Brasil, Estados Unidos, Ceilan y otros puntos; las azules en Suecia y Estados-Unidos; y las rojas en Siberia, Moravia y Montes Urales. En España se hallan turmalinas en diferentes sitios de la cordillera de Guadarrama, tales como La Cabrera, Venturada, Cabanillas de la Sierra, etc.; en Coll de Alforja (Tarragona), Valencia de Alcántara (Cáceres) y en la Sierra de Buitrago, donde se han encontrado cristales incoloros de gran tamaño.

USOS.—Las turmalinas azules y verdes, denominadas zafiros y esmeraldas del Brasil, se emplean en la joyería como piedras finas, aunque nunca llegan á adquirir precios elevados; la rubelita ó variedades rojas de Siberia y del Brasil se tallan tambien y se confunden con el rubí oriental, distinguiéndose, no obstante, por el mayor peso específico de este último; las negras ó de colores oscuros se destinan para el estudio de la polarizacion eléctrica y para observar el fenómeno de la doble refraccion.

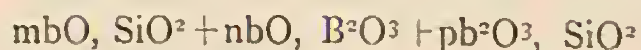
AXINITA Ó PIEDRA DE HACHA—SÍLICO-BORATO DE ALUMINA Y BASES VARIABLES DE OXIDOS DE HIERRO, DE MANGANESO, CALCIO, ETC.

CARACTERES.—La axinita ó piedra de hacha, llamada además chorlo violado, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo no simétrico perteneciente al sexto sistema; su fractura es vítrea, color violado ó verde, siendo trasparentes los ejemplares que presentan el primero de estos colores, y opacos los del segundo; su dureza es idéntica á la del cuarzo é inferior á la del topacio, estando representado su peso específico por 3,3; por la accion del calor desarrolla la electricidad polar, cuyos dos ejes eléctricos no se cruzan en el centro del cristal, ni coinciden tampoco con los ejes cristalográficos. Se funde al soplete en un vidrio ampolloso y de color verde oscuro; mediante un fundente produce los reactivos del hierro y del manganeso; calentada y mezclada en partes iguales con el espato fluor y el bisulfato de potasa, comunica un color verde á la llama del soplete; insoluble en los ácidos, pero si se funde y se la reduce á polvo, forma una gelatina cuando se la trata por el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	44,57
Alumina.	16,37
Acido bórico.	4,50
Oxido férrico.	9,67
Oxido mangánico . .	2,91
Cal.	20,19
Magnesia.	1,73

Composicion sumamente complicada y variable, que da por resultado la siguiente fórmula general:



$$mbO,\ SiO^2 + nbO,\ B^2O^3 + pb^2O^3,\ SiO^2$$

VARIEDADES.—Se presenta en cristales estriados y con bordes cortantes, de cuyo carácter se valió Haüy para dar á la especie el nombre de axinita (*axine*, hacha); esta especie mineralógica, junto con la distena, albita y sulfato de cobre, representan los mejores tipos de cristales del sexto sistema.

YACIMIENTO.—Se encuentra en los terrenos de cristalizacion, y se halla implantada en filones de cuarzo ó rocas anfibólicas; existe cubriendo los filones de estaño de Cornouailles (Inglaterra), en el departamento del Isère (Francia), San Gotardo, Vosgos, Pirineos, Delfinado, Thum (Sajonia) y otros diversos puntos.

USOS.—La axinita es susceptible de adquirir por el pulimento un brillo bastante vivo é idéntico al de muchas piedras finas; algunos de sus cristales ofrecen una trasparencia casi completa; cuando se tallan resultan piedras brillantes que se parecen á los granates, circones y rubíes; sin embargo, los joyeros no la usan á causa de su color poco agradable.

CORDIERITA (mineral dedicado á Cordier)—SILICATO DE ALUMINA, DE MAGNESIA Y DE HIERRO—Fórmula química: $3Al^2O^3,\ SiO^2 + (MgO,FeO)^3(SiO^2)^2$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, llamada tambien zafiro de agua, dicroita, peliom y lazulita de España, ofrece los siguientes caractéres: su forma primitiva es un prisma exagonal regular perteneciente al tercer sistema; fractura vítrea y concoidea, lustre vítreo, trasparente y alguna vez incoloro, pero, por lo comun, de color azul, morado, amarillo, moreno, etc.; las variedades trasparentes de la isla de Ceilan, denominadas zafiros de agua, y la iolita ó lazulita de España, presentan, segun la direccion en que se observan, dos colores distintos; azul violado, si se las mira en direccion del eje cristalino; amarillento, si en direccion trasversal. Cordier cita estas variedades como uno de los ejemplos mas notables, no solo de dicroismo, sino de policroismo; con efecto, si se examinan los cristales indicados en la direccion de sus tres ejes rectangulares, se verán tres colores diversos, á saber: azul-morado, gris-azulado y gris mas ó menos amarillento. La dureza de la cordierita es idéntica á la del cuarzo é inferior á la del topacio, siendo su peso específico de 2,5. Por medio del soplete se funde, con gran dificultad en los bordes, en un vidrio ó esmalte de color gris ligeramente verdoso; insoluble ó poco soluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	48,35
Alumina.	31,71
Magnesia.	10,16
Oxido de hierro.	8,32
Oxido de manganeso. . .	0,33
	98,87

VARIEDADES. — La cordierita exagonal, ó sean prismas de seis caras mas ó menos modificados mediante truncaduras en las aristas. La variedad en masas de aspecto vítreo, llamadas peliom por Werner.

YACIMIENTO.—Las variedades de cordierita, de un azul oscuro, se hallan unidas á la leberquisa, y diseminadas en varias pizarras, en Bodemmais (Baviera); el zafiro de agua y los ejemplares de colores claros se encuentran en Ceilan, Finlandia, Groenlandia, Francia, etc. La llamada lazulita ó iolita de España, existe diseminada en las traquitas del cabo de Gata (Almería) y en una diorita metamórfica, abundante en mica y granates, en Granatillo, próximo á Nijar.

USOS.—Las cordieritas de colores azules, con especialidad las de Ceilan, que son esencialmente dicroitas, se emplean en la joyería con el nombre de zafiros de agua.

SUB-CLASE SEGUNDA—TIERRAS Y PIEDRAS SILÍCEAS

CARACTERES.— Comprende esta sub clase minerales constituidos por la sílice libre ó combinada con una ó varias bases alcalinas ó alcalino-térreas: su aspecto es lapídeo, vítreo ó terroso. La dureza, por lo general, inferior á la de las piedras finas, hallándose comprendidas bajo este punto de vista entre el número 1, representado por el talco, y el 7 ocupado por el cuarzo. Su peso específico, por lo comun, es de 2 á 4. Todas las especies mineralógicas incluidas en este grupo son irreductibles á metal por la accion del calor. Pueden dividirse las tierras y piedras en las siguientes familias: 1.ª cuarzosas; 2.ª feldespáticas; 3.ª coceolitas; 4.ª ceolitas; 5.ª prismáticas; 6.ª anfibólicas; 7.ª micas; 8.ª talcosas, y 9.ª terrosas.

FAMILIA—CUARZOSAS

Los minerales de este grupo por su dureza, aspecto y lustre, que es con frecuencia vítreo, tienen grande analogía con las piedras finas que acabamos de describir. En realidad esta familia no comprende mas que una sola especie, el *cuarzo.*

CUARZO—SÍLICE Ó ÁCIDO SILÍCICO — Fórmula química SiO^2

El cuarzo es uno de los minerales mas abundantes y comunes; tiene mas importancia bajo el punto de vista mineralógico que la misma caliza, siendo tambien susceptible de tantas ó mayor número de aplicaciones que esta. El cuarzo comprende variedades tan numerosas y distintas que ha sido necesario subdividirle en diversas secciones ó sub-especies. El célebre mineralogista Haüy formó dos sub-especies, á saber: sílice anhidra y sílice hidratada; otros mineralogistas han establecido las divisiones siguientes: 1.ª cuarzo cristalizado; 2.ª cuarzo compacto ó cuarcita; 3.ª cuarzo ágata ó calcedonia; 4.ª cuarzo silex ó pedernal; 5.ª cuarzo jaspe, y 6.ª cuarzo resinita ú ópalo. Nosotros, siguiendo las ideas de Delaffosse, dividiremos el cuarzo en los cuatro grupos siguientes: 1.° cuarzo cristalizado; 2.° ágata; 3.° jaspe; 4.° ópalo ó cuarzo resinita. Prescindimos, por lo tanto, de la cuarcita, cuyo estudio corresponde á la Geología, y reunimos el pedernal á las ágatas.

Las propiedades generales de estos cuatro grupos son: rayar el vidrio y feldespato (menos el ópalo) y dejarse rayar por el topacio; su densidad relativa está representada por 2,1 á 2,8; infusibles al soplete é insolubles en los ácidos hidroclórico, sulfúrico y nítrico.

PRIMER GRUPO— *Cuarzo cristalizado*

SILICE ANHIDRA—Fórmula química SiO^2

CARACTÉRES.—Su forma primitiva es un romboedro de 94°15', correspondiente al cuarto sistema, siendo, sin embargo, las formas mas comunes *prismas exagonales* apuntados por pirámides exaedras, y *dodecaedros bipiramidales:* fractura vítrea y concoidea, siendo en algunos casos ondulada y estriada; lustre vítreo y con un ligero matiz grasiento en algunos ejemplares: su dureza es típica, supuesto que ocupa el número 7 de la escala relativa de Mohs; raya al vidrio y cristal y se raya por el topacio y casi todas las piedras preciosas; adquiere la electricidad positiva por medio del frote, carácter que conserva por muy poco tiempo; si en la oscuridad se percuten entre sí dos fragmentos de cuarzo, desarrollan ráfagas luminosas, dando al propio tiempo un olor bituminoso mas ó menos pronunciado; la densidad relativa del cuarzo es 2,65. Infusible por sí solo á la llama del soplete ordinario; pero, segun M. Gaudin, se funde, y aun se volatiliza, al dardo producido en la llama de alcohol por una corriente de oxígeno puro; en este caso se funde en un líquido viscoso, que puede estirarse, á semejanza del vidrio, en hilos muy finos y resistentes; el cuarzo fundido se volatiliza á una temperatura poco mas elevada que la de su punto de fusion; si se calienta el cuarzo con una corta cantidad de carbonato sódico, se funde en un vidrio claro, que es mas ó menos soluble en los ácidos nítrico é hidroclórico; en condiciones normales es inatacable por todos los ácidos, excepto por el hidrofluórico, que como se ha indicado, tiene la propiedad de corroer el vidrio y cristal.

COMPOSICION EN PESO

Oxígeno.	51,96
Silicio.	48,04
	100,00

VARIEDADES.— Los *romboedros* ó formas primitivas son sumamente raros; se citan, sin embargo, en Minas-Geraes (Brasil) y en una isla del lago Onega (Rusia): son, por el contrario, muy comunes las variedades *cristalizadas* en *prismas exagonales*, terminados por uno y otro extremo en una pirámide exaedra, ofreciendo las caras del prisma estrías trasversas, carácter muy bueno para distinguir el cuarzo cristalizado de algunas especies con quienes se confunde á primera vista. En muchos ejemplares desaparece la parte prismática, y en este caso se reunen las pirámides de los extremos constituyendo la variedad *dodecaedros triangulares*, resultado de la union de las citadas pirámides exagonales. Además de estas dos variedades existen otras muchas, cuya descripcion la creemos ajena de una obra de esta índole. Pueden formarse tambien variedades, teniendo en cuenta la estructura y formas accidentales; así, por ejemplo, se conocen entre otras las siguientes: en cantos rodados, llamada entre nosotros de diamantes de San Isidro; la esferoidal, que se presenta en bolas cuya superficie está erizada de puntas cristalinas, el cuarzo estalactítico, el incrustante, el geódico, seudomórfico, laminar, granudo y la variedad reducida á pequeños fragmentos, constituyendo las llamadas *arenas.*

Además de las variedades indicadas, existen otras muchas fundadas en la coloracion, siendo las mas importantes y comunes las siguientes: 1.ª cuarzo completamente incoloro, trasparente y límpido, *cristal de roca*, 2.ª morado mas ó menos uniforme, color debido al óxido de manganeso, *cuarzo amatista* ó simplemente *amatista;* 3.ª sonrosado con un li-

gero matiz lechoso y teñido por el óxido de titano ó de manganeso, *rubí* de Bohemia; 4.ª amarillo y traslúcido, debiendo su color al óxido férrico hidratado, *falso topacio* ó topacio de Bohemia, del Brasil ó de Hinojosa; 5.ª rojo y opaco, teñido por el óxido férrico, *jacinto de Compostela;* 6.ª negro ó mas ó menos pardo, debido á sustancias carbonosas, *cuarzo ahumado ó negro.* Por último, se constituyen tambien variedades atendiendo á los diversos minerales que se encuentran en su interior, tales como la actinota, epidota, rutilo, asbesto, amianto, etc., comunicando este último cuerpo al cuarzo la propiedad cambiante si se le talla en *cabujon;* esta variedad se la designa con el nombre de *ojo de gato.* Se llama *Venturina natural*, si la materia contenida en el cuarzo es la mica. La venturina ofrece un color rojizo, opaco y con puntos brillantes. Se denomina *cuarzo aeroidro* á ciertos ejemplares que contienen en su interior burbujas de aire ó de un líquido formado de agua y de una sustancia aceitosa.

YACIMIENTO.—El cuarzo existe en la naturaleza de dos modos diferentes; á saber: 1.° cristalizado ó de estructura cristalina en las rocas ígneas ó neptúnicas, abundando, no obstante, mucho mas en las primeras que en las segundas; estos cristales y granos conservan sus formas y posiciones primitivas; 2.ª en fragmentos, arenas, cantos erráticos, guijarros, chinas, etc.; estas formas y otras varias se hallan casi siempre fuera de su primer criadero, puesto que siendo con frecuencia de orígen ígneo se encuentran en los terrenos de sedimento y especialmente en los de trasporte ó aluvion.

El cuarzo cristalizado ó de estructura cristalina entra en la composicion de muchas rocas hidrotermales é ígneas; forma parte esencial del granito ó piedra berroqueña, de la sienita, pegmatita, protogina, de ciertos pórfidos, siendo raro en las traquitas y basaltos; puede considerarse tambien como elemento esencial, en los gneis, caliza sacaróidea, etc. El cuarzo compacto ó de estructura cristalina constituye rocas por si solo, como la «cuarcita y las areniscas;» algunas veces forma filones de gran potencia, que, mediante la dilatacion que han experimentado en ciertos puntos, han originado cavidades tapizadas posteriormente por cristales notables por su tamaño y trasparencia. Por último, existe el cuarzo cristalizado, ó de estructura cristalina, en ciertos filones metálicos, asociado, por lo comun, con la fluorina, caliza, baritina, blenda, galena, pirita de hierro y otros minerales.

El cuarzo en su segundo modo de manifestarse, corresponde esencialmente á los terrenos de sedimento, en los cuales se presenta en forma de pudingas, guijarros, chinas, grava, etc.; ó bien constituye las arenas y las areniscas; estas dos últimas forman depósitos considerables en casi toda la serie neptúnica, ó sea desde los terrenos primarios hasta los terrenos de acarreo ó de aluvion modernos: buena prueba de ello son las arenas de las playas de los mares, las estepas de la parte septentrional de Europa y Asia, los arenales de los desiertos de la Arabia, cercanías de Madrid, etcétera.

Los magníficos ejemplares de cristal de roca que sirven de estudio y de adorno en las colecciones mineralógicas, proceden del Delfinado, San Gotardo, Madagascar, Estados Unidos y Brasil; la variedad que hemos llamado «rubí de Bohemia,» se encuentra en Rabenstein (Baviera), Cork (Irlanda), en varios puntos de los Alpes, cercanías de Alençon (Francia), etc.; las mejores «amatistas» proceden del Brasil, Ceilan, Siberia, Auvernia (Francia), Oberstein (Palatinado) y otros puntos; el «cuarzo amarillo ó falso topacio» existe principalmente en Bohemia y Brasil; el ahumado y negro se hallan en Alençon, Alpes, Siberia, Delfinado, etc. La variedad «ojo de gato» procede de las costas del Malabar; el «cuarzo anfibólico ó cuarzo prasio,» que es de un color verde oscuro y de lustre craso, se halla en Sajonia y Bohemia.

En España se encuentran hermosos ejemplares de «cristal de roca» en los Pirineos, Sierra de Guadarrama, Mallorca y Asturias; el «cuarzo amarillo» se explota en Hinojosa del Duero, Villasbuenas, Vitigudino (Salamanca), variedad que se conoce en el comercio con el nombre de topacio de Salamanca; la «amatista» en Monseny (Cataluña), Cabo de Gata (Almería), Mallorca, Hinojosa de Córdoba, Oropesa (Toledo), y en diversas localidades de Galicia y Aragon; el jacinto de Compostela en Villatoya (Albacete), Ana (Valencia), Caldas de Priorio (Asturias) y otros puntos: la venturina en Horcajuela y en las cercanías de San Fernando (Cordillera de Guadarrama).

USOS.—Las aplicaciones del cuarzo cristalizado han sido y son numerosas, empleándose muchas de las variedades en la joyería y ornamentacion. Antiguamente se usaba el cristal de roca para la construccion de arañas ó lámparas, cajas de bolsillo, grandes copas y vasos, en los cuales se grababan ó esculpian diversas figuras. La mayor parte de estos objetos procedian de fábricas que existian en diversos pueblos de los Alpes; hoy han desaparecido casi todas, á causa de que el cristal de roca ha sido sustituido por el cristal comun ó artificial, sustancia que, además de ser mas trasparente y limpia, ofrece la ventaja de poderse trabajar con mas facilidad, sin que por esto deje de estar dotada de una dureza análoga á la del cristal de roca. Hoy se usa el cristal de roca para la fabricacion de lentes comunes y «micrómetros de doble imágen.» Los cuarzos «amatista, topacio de Compostela, ojo de gato,» etc., se emplean como piedras finas, siendo las de menos valor entre las que circulan en el comercio. La roca denominada «arenisca ó asperon,» compuesta de granos de cuarzo cristalizado sobrepuestos unos á otros, ó unidos por un cimento silíceo calizo ó arcilloso, se destina en la construccion para formar enlosados ó pavimentos, usándose además como piedras de molino, piedra de afilar y de filtrar.

Por último, el cuarzo ó la sílice está considerada como uno de los elementos mineralógicos mas esenciales que forman parte de la tierra vegetal, y que mas influencia ejercen en el desarrollo de ciertas plantas. La sílice es muy conveniente y hasta necesaria para las gramíneas, tales como el trigo, la cebada, el centeno y otros muchos vegetales, cuyo tallo debe la consistencia que ofrece á dicha sustancia. Cuando el cuarzo existe en grandes cantidades ó predomina en las tierras, llámanse estas «arenosas ó silíceas,» que, como se ha dicho en otro lugar, son poco higroscópicas, ligeras, permeables y de malas condiciones en los países cálidos que carezcan de riegos naturales ó artificiales, siendo tambien casi estériles en los sitios expuestos á temperaturas excesivas. Las arenas se emplean en agricultura para mejorar las tierras fuertes ó arcillosas por cuanto les comunican la soltura y permeabilidad necesarias.

SEGUNDO GRUPO —*Agata*

SÍLICE ANHIDRA—Fórmula química SiO^2

En este grupo incluimos no solo el «ágata» propiamente dicha ó «calcedonia,» sino tambien el «cuarzo silex ó pedernal.» Comprende minerales amorfos y de aspecto litoideo, formados, por lo comun, mediante depósitos de sílice en estado gelatinoso: son traslúcidas ó semi-traslucientes; fractura concoidea ó pizarrosa, nunca vítrea ni resinosa; la dureza casi siempre inferior á la del cuarzo cristalizado, dando, no

obstante, chispas con el eslabon. Se blanquean y no dan agua por la elevacion de temperatura, siendo infusibles al soplete é inatacables por los ácidos ordinarios.

Se dividen, como se ha dicho, en dos secciones, á saber: 1.ª ágatas finas ó calcedonias, caracterizadas por el lustre céreo y por la fractura tambien cérea y astillosa, trasparencia nebulosa, estando dotadas de colores diversos mas ó menos intensos; 2.ª ágatas bastas ó pedernales caracterizados á su vez por la fractura concoidea ó lisa, nunca astillosa; traslúcidas y de colores menos intensos.

ÁGATAS Ó CALCEDONIAS

CARACTÉRES.—No se hallan cristalizadas, ofreciendo, por lo comun, formas arriñonadas, concrecionadas, estalactíticas ó estalagmíticas; algunas veces se presentan en formas seudo-cristalinas ó seudo-mórficas por incrustacion y moldeado de cristales de espato fluor, caliza y datolita. La fractura es astillosa, el lustre céreo, siendo semi-trasparentes ó traslúcidas en toda su masa; dureza superior á la del cuarzo. Los caractéres químicos son idénticos á los del grupo anterior.

VARIEDADES.—Pueden formarse, teniendo en cuenta la forma y estructura, diversas variedades, siendo las mas principales las siguientes: 1.ª la estalactítica, cilindroidea ó mamelonar; 2.ª la arriñonada; 3.ª la gutular; 4.ª la denominada enhídrica que contiene en su interior una cantidad mas ó menos considerable de agua.

Las ágatas, teniendo presente el color, pueden dividirse en dos secciones: 1.ª unicoloras; 2.ª versicoloras. Las primeras comprenden las siguientes variedades: 1.ª Calcedonia propiamente dicha, ó por excelencia, cuando ofrece color gris azulado y una trasparencia nebulosa; esta variedad se presenta casi siempre mamelonar, gutular ó estalactítica. 2.ª Sardónice, si tienen color amarillo ó rojo anaranjado. 3.ª Cornerina ó cornalina, cuando presentan un color rojo intenso. 4.ª Crisoprasa, de un verde manzana, color debido al óxido de niquel, presentando al propio tiempo un lustre que recuerda el del oro. 5.ª Zafirina, si ofrecen un color azul celeste y cristalizan en cubos (forma epigénica tomada del espato fluor). 6.ª Plasma, si presentan un verde de yerba. 7.ª Heliotropio, cuando tienen color verde oscuro. 8.ª Cachalonga, de un blanco mate y opacas, ofreciendo al propio tiempo el carácter de apegamiento á la lengua.

Las ágatas versicoloras mas notables y comunes son las siguientes: 1.ª Onice, compuesta de fajas alternadas blancas y negras ó ligeramente azuladas. 2.ª Jaspe sanguíneo (en realidad es el heliotropio citado anteriormente). Corresponden tambien á esta seccion las ágatas musgosas ó arborizadas, llamadas piedras de Moka, así como aquellas otras variedades que ofrecen partes trasparentes y opacas, y de aspecto parecido al de los jaspes, por lo que se llaman ágatas jaspes.

YACIMIENTO.—Las ágatas se encuentran en los terrenos primarios, secundarios y aun terciarios, presentándose con preferencia en los primeros en forma de nódulos ó riñones huecos y cubiertos ó tapizados de cristales de cuarzo. Las calcedonias azuladas existen en el Oberstein (Palatinado) é islas de Feroe; la cornalina, sardónice y zafirina proceden del Japon; la crisoprasa de Silesia; el heliotropio y plasma de Siberia; las ónices y ágatas listadas se hallan en diversos puntos del Asia, América y aun Europa.

En España se hallan calcedonias en el terreno terciario de Vallecas (Madrid), Monjuich (Barcelona), Hiende-la-Encina (Guadalajara), Cabo de Gata (Almería), Segovia y otros sitios.

USOS.—Las variedades denominadas sardónice, cornerina, jaspe sanguíneo ó heliotropio, ónices, etc., se han usado, y se destinan en la actualidad, para joyas, sortijas, camafeos, grabados de sellos, cajas de tabaco, copas, puños de baston, etc. La mayor parte de estos objetos proceden de Idar y Oberstein (Palatinado), donde existen fábricas destinadas á la construccion de estos artículos.

ÁGATAS BASTAS Ó PEDERNALES

CARACTÉRES.—El pedernal, piedra de chispa y piedra de moler, no cristaliza; se presenta, por lo comun, en masas tuberculosas, irregulares, de fractura irregular ó concoidea, de colores oscuros, agrisados ó melados, trasluciente en los bordes y de lustre algo céreo. El pedernal es infusible é insoluble en los ácidos.

VARIEDADES.—Las principales variedades son: 1.ª el pedernal propiamente dicho ó piromaco (de *piros*, fuego; *maji*, combate); se halla en riñones ó masas esferoidales de color negro, gris ó melado; por medio de la percusion se divide en fragmentos que producen chispas con el eslabon. 2.ª El silex ó pedernal córneo, opaco, de fractura casi lisa y de aspecto análogo al del cuerno, siendo su estructura mas basta que la del pedernal, menos frágil que este y de color gris, moreno ó verdoso. 3.ª La moleña ó piedra de molino, se presenta en masas de estructura celular ó careada, fractura lisa y de color blanco lechoso, amarillento ó mas ó menos rojizo azulado y sin brillo. 4.ª El silex nectico, en nódulos de color blanco ó agrisado, de fractura terrosa y muy ligero, hasta el punto de flotar por algunos momentos cuando se le echa en el agua, sumergiéndose á poco tiempo á causa de la imbibicion. 5.ª Silex terroso ó pulverulento, se presenta unas veces en polvo de color blanquecino ó agrisado y áspero al tacto en el interior de ciertas geodas de sílice y de otros minerales, constituyendo grandes depósitos ó capas estratificadas en los terrenos de sedimento. Dichas capas están formadas de partículas de sílice impalpable, y cada una de ellas no es mas que la reunion de caparazones de animales infusorios que segregan la sílice, habiéndose encontrado en el silex pulverulento ó trípoli de Billin (Bohemia) mas de 23 millones de individuos en una línea cúbica. 6.ª El silex jiloideo ó madera petrificada, variedad que ofrece una estructura fibrosa parecida á la de las plantas; esta variedad presenta un lustre análogo al del ópalo ó cuarzo resinita, por cuya razon algunos mineralogistas la estudian en esta última seccion.

YACIMIENTO.—El pedernal existe en nódulos ó riñones en los terrenos terciarios y secundarios, correspondiendo la moleña á los primeros, así como el cuarzo nectico suele encontrarse en ciertas margas de agua dulce en Paris, y el pulverulento en terrenos neptúnicos.

En España se halla el pedernal en Vallecas y Vicálvaro (Madrid), Málaga, Granada, Cáceres, etc.: y la piedra moleña en Cabañas (provincia de Toledo), acompañando á la magnesita que oportunamente daremos á conocer.

USOS.—Se emplea el pedernal para el empedrado de las calles y caminos, construccion de cercas, tapias y piedras de chispas; reducido á polvo entra en la fabricacion de varias pastas de alfarería y loza comun. Los pueblos antiguos (tiempos prehistóricos) se servian muy á menudo de esta piedra para la construccion de varios objetos y armas de guerra, como lo prueban los cuchillos, hachas, dardos, flechas, mazas, etc., que se han encontrado y se hallan á cada paso en los terrenos cuaternarios y en otros yacimientos.

JASPES

Algunos mineralogistas creen que el jaspe no es mas que

una especie de ágata ó pedernal metamórfico, ó bien el mismo pedernal teñido por materias carbonosas, óxidos metálicos ú otras sustancias minerales.

CARACTÉRES.— Se presentan los jaspes en masas amorfas, de fractura compacta, de colores vivos y variados, tales como el rojo y amarillo debidos al óxido férrico anhidro y al hidratado; verde, cuya coloracion la producen la clorita, la dialaga, la epidota ú otros minerales que ofrecen este color, y negro, comunicado por una sustancia carbonosa. Uno de los caractéres mas importantes de los jaspes es su opacidad completa, aun reducidos á láminas muy delgadas.

VARIEDADES DE COLOR.—Las principales variedades que se conocen son: 1.ª jaspe sanguíneo, de color rojo mas ó menos intenso; 2.ª jaspe de Egisto, pardo-rojizo, con zonas irregulares y arborizaciones; 3.ª jaspe amarillo, con vetas blancas, rojas ó pardas; 4.ª piedra de Lidia ó de toque, color negro debido á materias carbonosas: algunos 'consideran esta variedad como una pizarra silícea. Las demás que se establecen en el jaspe, no son mas que rocas silíceas de sedimento, las cuales, por el metamorfismo, han adquirido dureza y consistencia.

YACIMIENTO. — Hállanse los jaspes en los terrenos primarios ó paleozóicos, en muchas formaciones neptúnicas y especialmente en las metamórficas y volcánicas. Existen canteras de estas piedras en Siberia, Italia, Suiza, etc. En España se encuentran jaspes en las cercanías de Córdoba, Monjuich, Canillas, Aceituno (Málaga), Cabo de Gata (Almería); la piedra de Lidia en Vallecas (Madrid), Valdefuentes y Torre de Santa María (Cáceres) y Alcudia (Mancha).

USOS.—Se emplean los jaspes para tableros de mesa, pedestales, mosaicos y demás objetos de arquitectura y escultura.

ÓPALO Ó CUARZO RESINITA—SÍLICE HIDRATADA—Fórmula química SiO^2+HO

CARACTERES.—El ópalo no cristaliza; se presenta en masas irregulares arriñonadas ó estalactíticas de lustre resinoso, fractura concoidea mas bien que astillosa, siendo su dureza inferior á la del cuarzo y feldespato; su peso específico es de 2,1 á 2,2. Contiene siempre de un 5 á un 15 por 100 de agua, la cual no solo influye en su inferior dureza, sino en su menor tenacidad y peso específico. Puesto un fragmento de ópalo en el tubo de ensayo da agua por la elevacion de temperatura; algunos ejemplares tienen la particularidad de desmoronarse al contacto del aire.

VARIEDADES.—Las principales variedades de este mineral pueden reducirse á las siguientes: 1.ª Ópalo noble, de pasta muy fina, brillo lechoso, traslúcido y con reflejos irisantes muy intensos; 2.ª ópalo de fuego ó de México, presenta una coloracion uniforme de un rojo de jacinto y reflejos amarillos; 3.ª ópalo girasol, de lustre lechoso, tintas azuladas ó amarillas de oro é irisacion mas viva que en el noble; 4.ª semi-ópalo, opaco, lustre resinoso, grano grueso y sin irisaciones; 5.ª ópalo hidrófano, subvariedad de la anterior, blanco ó amarillo, poroso, opaco en contacto del aire, convirtiéndose en traslúcido si se le sumerge en el agua por algun tiempo; 6.ª cuarzo resinita ú ópalo comun, opaco, brillo resinoso muy pronunciado y de color negruzco ó rojo oscuro; 7.ª hialita y fiorita, pequeñas concreciones ó perlas vítreas incoloras, hialinas y de lustre idéntico al de la goma arábiga blanca; 8.ª ópalo melinita, formas arriñonadas ó tuberculosas, de estructura compacta, opacas y de colores bastante oscuros; 9.ª ópalo leñoso, de estructura fibrosa, análoga á la de la madera, no siendo en realidad mas que un ópalo seudomórfico ó epigénico; esta variedad se ha descrito además en las ágatas; 10.ª geiserita ó cuarzo termógeno, incrustaciones terrosas ó pulverulentas que se forman en las cercanías de los geiseres.

La randinita, glossecolita y micaelita no son mas que simples variedades de ópalo, compuestas, del mismo modo que éste, de ácido silícico y agua.

YACIMIENTO—Las variedades llamadas ópalo noble, girasol, de México, etc., se hallan esencialmente en terrenos volcánicos y metamórficos: las demás variedades abundan tambien en formaciones volcánicas.

USOS.—El ópalo noble y girasol que proceden de Hungría ó de las islas Canarias, y el ópalo de fuego de Zimapan (México), se emplean como piedras finas de gran valor, siendo en la actualidad muy estimadas y de moda; las variedades comunes se destinaban antes y aun hoy para la construccion de tapias, cercas, etc.

FAMILIA—FELDESPÁTICAS

CARACTÉRES.—La generalidad de las especies comprendidas en esta familia, se distinguen por los siguientes atributos: son silicatos dobles de alumina y de una ó mas bases alcalinas ó alcalino-térreas; cristalizan en formas derivadas del quinto ó sexto sistema cristalino de Dufrenoy; rayan al vidrio y fosforita y se dejan rayar por el cuarzo: su peso específico oscila entre 2,5 y 3; se funden con mas ó menos dificultad al soplete, ya sean solas, ya mezcladas con algun reactivo; su fusibilidad aumenta en razon directa del número de las bases. Puede dividirse esta familia en dos secciones principales, á saber: 1.ª feldespatos por excelencia ó propiamente dichos: 2.ª minerales feldespáticos.

SECCION PRIMERA—FELDESPATOS PROPIAMENTE DICHOS

CARACTÉRES GENERALES.—Minerales compuestos de un silicato de alumina en union con otro silicato que puede ser de base de potasa, sosa ó cal: la forma primitiva es un prisma oblicuo exfoliable en dos direcciones, una fácil de efectuar en sentido paralelo á la base del prisma, otra menos señalada, formando con la primera un ángulo obtuso.

Siguiendo las ideas de Leymerie y otros mineralogistas actuales, dividiremos la seccion de los feldespatos en dos grupos diferentes: 1.° feldespatos órticos (*orzós*, recto); 2.° feldespatos clínicos (*clino*, yo inclino), segun que el ángulo formado por las exfoliaciones sea recto ú oblicuo. A la primera division corresponden las especies denominadas ortosa y riacolita, y á la segunda la albita, oligoclasa, andesina, labradorita y saussurita.

FELDESPATOS ÓRTICOS

ORTOSA—SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE POTASA—Fórmula química $Al^2O^3, 3SiO^2+KO, SiO^2$

CARACTÉRES.—El feldespato ortosa, conocido tambien con los nombres de adularia, petuncé, feldespato fusible, etc., ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo, correspondiente al quinto sistema; lustre vítreo ó lapídeo, trasparente, traslúcido y opaco; incoloro ó de un color blanco-agrisado, rojo de carne ó de ladrillo, verde oscuro y verde claro; ocupa el número 6 en la escala relativa de Mohs, rayando por consiguiente á la fosforita y dejándose rayar por el cuarzo; su peso específico es de 2,5 á 2,8. Por medio del soplete se funde en los bordes, aunque con dificultad, en un esmalte blanco; mezclado con el borax se funde en un vidrio trasparente, y con la sal de fósforo produce

la sílice gelatinosa, insoluble en los ácidos y demás reactivos. Expuesto por mas ó menos tiempo á la accion lenta del agua y ácido carbónico se descompone, dando orígen á una sustancia arcillosa que es el célebre Kaolin ó sea un silicato de alumina hidratado.

COMPOSICION DE LA VARIEDAD LLAMADA ADULARIA

Sílice.	65,69
Alumina.	17,97
Potasa.	13,99
Cal.	1,34
Sosa..	1,01
	100,00

Esta composicion indica que el feldespato ortosa está constituido esencialmente por un silicato de alumina y de potasa; pero parte de esta última base puede ser constituida por la sosa, cuya proporcion llega en algunos ejemplares hasta el 7 por 100, y tambien por pequeñas cantidades de óxido de calcio.

VARIEDADES DE FORMA Y DE ESTRUCTURA.—1.ª Cristalizado en prismas romboidales, por lo comun modificados en sus aristas y ángulos sólidos, formando cristales maclados y hemitropiados. 2.ª Globular, en pequeños esferoides ó en masas esféricas considerables, supuesto que algunas llegan á tener de 6 á 8 céntimetros de diámetro. 3.ª Laminar, de grandes ó pequeñas láminas traslúcidas ú opacas y de color amarillo ó blanquizco. 4.ª Granuda ó sacaroidea, variedad que además de su estructura caracteristica, suele ser en algunos casos mas ó menos pizarrosa. 5.ª Compacta ó petrosilex: tiene fractura astillosa ó cérea, y de aspecto muy análogo al de las ágatas, jaspes ó pedernales, de cuyos minerales se distingue, porque tiene la propiedad de fundirse en un esmalte blanco; por esta razon se le ha denominado feldespato ú horstein fusible. En realidad esta variedad no solo debe referirse al ortosa, sino que tambien puede estudiarse al lado de la albita y la oligoclasa. 6.ª Terrosa, ó kaolin, se presenta en masas blancas, deleznables, mas ó menos ásperas al tacto.

VARIEDADES DE COLOR.—Además de las variedades citadas, existen otras, basadas principalmente en la diversa coloracion y brillo; á saber: 1.ª Adularia, trasparente, incolora y de lustre vítreo. 2.ª Feldespato anacarado ó piedra de Luna, de aspecto lechoso, lustre nacarado y cambio de colores. 3.ª Piedra de Sol ó feldespato aventurinado, de color mas ó menos amarillo y con reflejos dorados, debidos á las minas de mica. 4.ª Ortosa ó feldespato opalizante, de un color gris oscuro y con reflejos irisantes análogos á los de ciertos ejemplares de labradorita. 5.ª Ortosa comun, comprende todos los ejemplares opacos, traslúcidos y de colores bajos ó poco intensos, siendo los mas frecuentes el blanco, verde oscuro y rojo de carne ó de ladrillo. 6.ª Piedra de las amazonas, laminar y de color verde claro. 7.ª Feldespato ú ortosa vítreo, variedad que se encuentra formando parte de las rocas traquíticas y volcánicas; ofrece un lustre vítreo especial, algo áspero al tacto, frágil y por lo comun, incoloro.

YACIMIENTO.—Puede asegurarse que el feldespato ortosa y el cuarzo forman la mayor parte de la corteza de nuestro globo, siendo una y otra especie mineralógica, como se ha dicho, los dos elementos mas importantes de las rocas cristalinas antiguas y modernas. El ortosa constituye por sí solo capas de estructura granuda ó compacta y de mas ó menos espesor en medio de los gneis; la roca leptinita y aun la pegmatita puede decirse que están formadas por este feldespato; unido con el cuarzo y la mica constituye los granitos comunes ó granitos tipos; con el cuarzo y el anfibol, la roca denominada sienita; con el mismo cuarzo y el talco, la protogina; unida á la mica forma los gneis; entra tambien como elemento esencial de otras varias rocas, cuya descripcion puede verse en la parte geológica. La variedad que hemos denominado petrosilex constituye la base de los pórfidos, los cuales contienen en su masa cristales diseminados de ortosa, particularidad que se observa además en ciertos granitos, sienitas, etc.

En España se encuentra el feldespato ortosa en cristales aislados ó en union con otros minerales constituyendo rocas, en los Pirineos de Gerona, Huesca y Navarra, en toda la cordillera del Guadarrama y diversas localidades de las provincias de Cáceres, Córdoba, Badajoz, Teruel, Valencia, Galicia, etc. Segun opinion del inspector de minas, Naranjo, la roca pegmatítica que atraviesa el gneis del canal de Cabarrús (Sierra de Guadarrama), da orígen por su descomposicion, á grandes cantidades de kaolin ó tierra de porcelana, que sirvió en otro tiempo para la fabricacion de loza de la Moncloa (Madrid). En el pueblo de Valdemorillo (Madrid), existe tambien una pegmatita descompuesta, que se emplea no solo para la fabricacion de la porcelana, sino para la de ladrillos refractarios. El kaolin que se usa en la fábrica de Sargadelos (Galicia) procede del pueblo cercano de Burela; el de la notable fábrica de Pikman en Sevilla, de Sierra Morena (1).

USOS.—Esta piedra se emplea en joyería cuando afecta cierta coloracion; siendo bastante apreciada la llamada de Luna, el feldespato aventurinado y el de las Amazonas; la primera, que procede de Ceilan, se talla en cabujon ó en forma de perla y se la rodea algunas veces de un cerquillo de pequeños diamantes; las variedades verde oscuro y las opalinas se destinan para la construccion de objetos de adorno, tales como cajas, copas, zócalos, pedestales, etc. Las laminares, sacaroideas, compactas y terrosas, suministran por la descomposicion el kaolin ó tierra de porcelana y diferentes bases alcalinas (esencialmente la potasa) que son sumamente útiles en la tierra para el crecimiento y desarrollo de muchos vegetales.

RIACOLITA—SILICATO DE ALUMINA, POTASA, SOSA Y AUN MAGNESIA, cuya fórmula, ó mejor dicho, su composicion química, no está bien definida.

CARACTÉRES.—La riacolita es una especie muy afine al feldespato ortosa, del cual se diferencia, sin embargo, por las particularidades siguientes: su estructura es vítrea y resquebrajada, el color gris claro y composicion cuantitativa y aun cualitativa diferente, supuesto que en la riacolita existe con frecuencia la sosa y magnesia, siendo estas bases, sobre todo la segunda, muy raras en el ortosa.

COMPOSICION DE LA RIACOLITA SEGUN M. ROSE

Sílice.	50,31
Alumina.	29,44
Sosa..	10,56
Potasa.	5,92
Oxido de hierro.. . .	0,28
Cal.	1,07
Magnesia.	0,23
	97,81

(1) El criadero mas notable quizás del mundo, es el que forma una montaña entera y de no escasa altura, en la provincia de Toledo, á corta distancia de Menas albas, cuya descripcion se puede ver en el tratado de Geología.

YACIMIENTO.— La riacolita no se halla en las rocas cristalinas y sí en las volcánicas, tales como las traquitas.

A esta especie corresponden diversos productos volcánicos, como por ejemplo, la obsidiana y piedra pomez, minerales cuya descripcion lata corresponde á la Geología.

OBSIDIANA

CARACTÉRES.—La obsidiana, llamada tambien vidrio de volcanes y espejo de los Incas, se presenta en masas vítreas de fractura concoidea, brillo intenso, trasluciente en los bordes, y de color negro, verde oscuro y pardo rojizo, siendo su peso específico de 2,2 á 2,5; ofrece casi siempre el aspecto de un vidrio traslúcido ó semi-trasparente y en algunos ejemplares el de un esmalte. Se funde al soplete en un vidrio ampolloso y de color verde ó blanquizco.

VARIEDADES.—Obsidiana hialina, de estructura testácea y con lustre mas ó menos perlado; algunas veces se halla en nódulos ó granos pequeños y cristalinos constituyendo la sub-variedad llamada ojo de perdiz. 2.ª Obsidiana irisante, ofrece irisaciones verdosas ó rojizas, debidas á series lineales de pequeñas burbujas, dispuestas en la direccion de la corriente de la lava que fundida y enfriada ha originado la obsidiana; esta serie de líneas contribuye á dar al mineral un aspecto fibroso. 3.ª Obsidiana capilar, se presenta compuesta de filamentos ó hilos sumamente finos. 4.ª Obsidiana porfiroidea, variedad que contiene cristales de feldespato vítreo. Las variedades citadas se han consolidado en la parte media de la masa ó corriente de lava que las constituye, adquiriendo muchas veces una estructura celular, pasando de este modo á la piedra pómez; en las colecciones mineralógicas y geognósticas, se ven ejemplares que por una parte ofrecen todos los caractéres de la obsidiana, y de piedra pómez por la otra.

YACIMIENTO.—Se halla la obsidiana en los volcanes antiguos y modernos formando grandes masas ó corrientes: tal es lo que se observa en los de México, Perú, Tenerife, islas de Lipari y en las cercanías de Tokay (Hungría). En España se encuentra en el Cabo de Gata y, segun Naranjo, en el terreno cretáceo de los Ocinos en el valle de Valdivieso (Burgos).

USOS.—Antes de la conquista del Perú y México por los españoles, los naturales del país destinaban la obsidiana para la fabricacion de espejos, cuchillos, flechas, hachas, etc.

PIEDRA POMEZ

CARACTÉRES.—La piedra pómez ó pumita se presenta en masas esponjosas, ligeras, de color blanco-agrisado, gris-nacarado y gris sucio, lustre sedoso, áspero al tacto; raya al vidrio y su peso específico está representado por 0,9; pero si se la reduce á polvo aumenta su densidad hasta 2,2. Las células ó poros que se hallan en la masa de este mineral son, por lo comun, largas y estrechas, paralelas unas á otras en muchos casos, y algunas veces mas ó menos redondeadas; la estructura particular resulta de la prolongacion, en la direccion de la corriente, de las burbujas primitivas originadas por el desprendimiento de sustancias gaseosas. La piedra pómez se funde al soplete en esmalte blanco.

VARIEDADES.—Se forman por algunos mineralogistas las variedades celular, cavernosa y fibrosa.

YACIMIENTO.—Se encuentra, en union con la obsidiana, en los volcanes antiguos y modernos, tales como los de las islas de Lipari, Tenerife, Hungría y otras localidades. En España existe en el cabo de Gata.

USOS.—Para el pulimento de las maderas y varias sustancias metálicas; entra en la preparacion de morteros hidráulicos y de porcelanas; reducida á polvo y mezclada con la pasta de jabon, sirve para suavizar el cútis de la cara y de las manos. En Lipari y Hungría, teniendo en cuenta su grande resistencia y ligereza, la emplean como piedra de construccion.

FELDESPATOS CLINICOS

ALBITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE SOSA—Fórmula química $Al^2O^3, 3SiO^2 + NaO,SiO^3$

CARACTÉRES.—Esta especie, que tambien se denomina periclina, chorlo blanco, etc., ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo no simétrico, siendo, por lo tanto, y en union con la axinita y vitriolo azul, uno de los tipos cristalinos mas característicos del sexto sistema. El color dominante de la albita es el blanco de leche ó blanco agrisado, trasluciente, lustre lapídeo, rara vez vítreo; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,6 á 2,7. Se funde, aunque con dificultad, en un esmalte blanco, comunicando á la llama del soplete un color amarillo; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

COMPOSICION EN PESO

	Albita del Delfinado	Albita de San Gotardo
Silice..	67,99	69,90
Alumina.. . . .	19,61	19,43
Sosa.	11,12	11,47
Cal.	0,66	»
Oxido ferroso. . .	»	0,20
	99,38	101,00

VARIEDADES.—Las variedades de esta especie, por lo que se refiere á su forma y estructura, son próximamente las mismas que las de la ortosa; así es que se conocen las variedades cristalizadas en prismas oblicuos no simétricos, modificados y, por lo comun, hemitropiados; las laminares, granudas, compactas y terrosas.

YACIMIENTO.—La albita es menos abundante que el ortosa, perteneciendo como este á los terrenos de cristalizacion, pero siendo mas frecuente en las rocas modernas que en las antiguas. La albita se une con el anfibol blanco para formar las dioritas, eufótidas y otras rocas anfibólicas; se halla como elemento accidental, ya sea en pequeños cristales, ya en venas ó mas ó menos compacta, en los granitos comunes, sienitas, etc. Existen cristales mezclados de esta especie enclavados en las cavidades de ciertas dioritas y protoginas de los Alpes franceses y en los Pirineos; en San Gotardo hay hermosos cristales de albita, acompañados del cuarzo hialino y de la clorita en las cavidades de varias pizarras micáceas; se hallan tambien cristales hemitropiados en los granitos de Suecia y de Noruega. En España la albita forma la base de los pórfidos dioríticos y traquíticos de Almaden (Ciudad Real), hallándose además en la parte de Sierra Morena que corresponde á la provincia de Badajoz.

USOS.—Las variedades compactas, granudas y terrosas, suministran, por su descomposicion, productos idénticos á los de la ortosa.

OLIGOCLASA—SILICATO DE ALUMINA, DE SOSA Y DE CAL, pero con menos cantidad de sílice que en la especie anterior

Fórmula química $Al^2O^3 (SiO^2)^3 + (NaO,CaO), SiO^2$

CARACTÉRES.—Este mineral, que Dufrenoy describe

como especie distinta de la albita, pero que en realidad puede ser considerada como una simple variedad de esta última, presenta las particularidades siguientes: cristaliza en un prisma romboidal oblicuo no simétrico, perteneciente al sexto sistema; color gris claro ó verde rojizo, traslúcida y con brillo vítreo en los planos de exfoliacion, y craso en la fractura desigual; raya á la fosforita y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,64 á 2,66. Se rompe ó fractura con mucha dificultad, de donde toma el nombre de oligoclasa (*oligos*, poco, *clio*, yo rompo). Se funde al soplete en un esmalte blanco; insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Silice	62,60
Alumina	24,60
Oxido férrico	0,10
Sosa	3,00
Cal	8,90
Magnesia	0,20
	99,40

Las proporciones de sosa, cal, potasa y hierro, son variables en los diferentes ejemplares, hasta el punto de que en algunos hay hasta un 8 por ciento de cal, lo que prueba el tránsito de unas especies á otras.

VARIEDADES.—La oligoclasa se halla esencialmente en masas laminares y estriadas, idénticas á las de la albita y labradorita.

YACIMIENTO.—Este mineral no forma rocas especiales, siendo sus asociaciones idénticas á las de la albita, por lo que, y teniendo en cuenta que la composicion química es la misma, no deben constituir mas que una especie.

ANDESITA—SILICATO DE ALUMINA, SOSA Y CAL

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica, que G. Rose, Bischof y Deville la consideran como una variedad de la albita, está dotada de los mismos caractéres físicos y químicos que la oligoclasa y la albita, de las que se distingue, no obstante, por su mayor peso específico que es de 2,7, y por contener menos cantidad de sílice.

YACIMIENTO.—El célebre baron de Humboldt fué el primero que manifestó que, así como la mayor parte de las rocas traquíticas de Europa tienen por base la riacolita, las de los Andes están formadas por un feldespato de base de sosa, ó la andesita. Constituye, pues, este mineral la parte importante de las traquitas y de los pórfidos anfibólicos de los Andes, en donde se halla asociada con la piedra pómez, obsidiana y perlita.

La especie saccarita de algunos no es mas que una oligoclasa compacta y traslúcida que existe en Frankenstein (Silesia).

LABRADORITA O FELDESPATO LABRADOR—SILICATO DE ALUMINA, DE CAL Y DE SOSA—Fórmula química $Al^2O^3(SiO^2)^3 + (CaO, NaO) SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, llamada tambien feldespato opalino y vosgita, se presenta rara vez cristalizada en prismas romboidales oblicuos del sexto sistema; estos cristales ofrecen casi siempre hemitropias bien manifiestas ó surcos paralelos; por lo comun se encuentra la labradorita en masas laminares de color gris de humo ó gris ceniciento y dotadas de irisaciones con reflejos intensos azules, verdes, rojos ó amarillos; su lustre es anacarado, traslúcida; raya á la ortosa y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 2,7. Se funde al soplete con mucha dificultad aunque no tanta como la oligoclasa; reducida á polvo se disuelve en el ácido hidroclórico concentrado, cuya disolucion produce un precipitado blanco por medio del oxalato amónico. La labradorita, por consiguiente, es el único feldespato soluble en los ácidos.

COMPOSICION SEGUN KLAPROTH

	Labradorita de Ingrie	Id. de San Pablo
Silice	55,	55,75
Alumina	24,	26,50
Cal	10,25	11,00
Sosa	3,50	4,00
Oxido ferroso	5,25	1,25
	98,00	98,50

VARIEDADES.—1.ª Labradorita cristalizada en prismas oblicuos, exfoliables en sentido paralelo á la base, y en direccion á una de sus caras laterales, ofreciendo al propio tiempo en esta última colores cambiantes ó irisaciones, por lo que se la denomina feldespato ó labradorita noble. 2.ª Laminar: mas frecuente que la anterior; tiene color gris de humo ó gris ceniciento y ofrece los mismos caractéres de color que el feldespato noble. 3.ª Labradorita vítrea, análoga al ortosa del mismo nombre. 4.ª Labradorita comun, en masas blancas ó verdosas, traslucientes ú opacas.

YACIMIENTO.—Puede decirse que la labradorita es la base de las rocas volcánicas, especialmente de los basaltos; unida á la hiperstena ó al piróxeno constituye las rocas hiperita y los pórfidos negros ó melafidos.

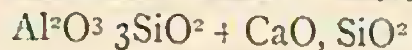
El feldespato noble ó cambiante se encuentra en la isla de San Pablo, en las costas de Labrador (Estados Unidos); en Ingria cerca de San Petersburgo, y en Finlandia. La labradorita se halla formando parte de las lavas del Etna. En España se encuentra en el pórfido ofítico de Chillon y otros sitios al N. O. de Almaden (Ciudad Real).

USOS.—Pulimentadas las variedades opalizantes, se emplean en joyería como piedras de algun valor.

La especie Vosgita de algunos autores no es mas que una labradorita que ha experimentado un principio de descomposicion y tomado una corta cantidad de agua; su color es blanco con tintas verdes ó azuladas; constituye la base de los pórfidos de los Vosgos.

SAUSSURITA (DEDICADA A SAUSSURE)

SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL—Fórmula química



$Al^2O^3\,3SiO^2 + CaO, SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta especie, llamada tambien feldespato tenaz y jade, se presenta en pequeñas masas de estructura granuda, algunas veces laminar, de un aspecto cristalino; color blanco lechoso, amarillo ó agrisado y con un ligero tinte violado; lustre craso, siendo trasluciente en los bordes; raya al feldespato y se deja rayar, aunque con dificultad, por el cuarzo; es muy tenaz, por lo que recibe el nombre de feldespato tenaz; su peso específico es de 3,3. Los demás caractéres físicos y químicos son idénticos á los de la labradorita, por lo que algunos mineralogistas suponen que es esta misma especie, que ha experimentado un ligero principio de descomposicion.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	49,
Alúmina.	24,
Cal.	10,50
Oxido ferroso.	6,50
Magnesia.	3,75
Sosa.	5,50
Potasa.	»
	99,25

VARIEDADES.—Están reducidas á las granudas ó laminares.

YACIMIENTO.—Por lo comun, esta especie mineralógica se halla unida á la diálaga en la roca llamada eufótida.

SECCION SEGUNDA—MINERALES FELDESPÁTICOS

Comprende esta seccion minerales de composicion química y caractéres análogos á los feldespatos descritos anteriormente, pero carecen en realidad de importancia geognóstica. Las especies mas importantes incluidas en esta seccion son: la anortita y la petalita.

ANORTITA—SILICATO DE ALÚMINA Y CAL—Fórmula química $3Al^2O^3$ $3—SiO^2+CaO, SiO^2$

CARACTEERS.—La anortita (de *a*, no, *orzós*, recto) ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo del sexto sistema; color blanco, lustre vítreo ó nacarado; raya al feldespato ortosa y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,7. Se funde, aunque con dificultad, en esmalte blanco, y se disuelve, de la misma manera que la labradorita, en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION DE LA DE LA SOMMA (G. Rose)

Sílice.	44,49
Alúmina.	34,46
Oxido férrico.	0,74
Cal.	15,68
Magnesia	5,26
Potasa.	»
Sosa.	»
	100,63

YACIMIENTO.—Se halla la anortita en cristales cubriendo las cavidades de la dolomia de la Somma y unida al piróxeno verde, idocrasa y mica.

PETALITA—SILICATO DE ALÚMINA Y DE LITINA—Fórmula química Al^2O^3 $3SiO^2+LiO, SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta especie, denominada tambien trifana y espodumena, se halla, por lo comun, en masas laminares, traslúcidas, blancas y de brillo vítreo; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 2,4. Se funde con mucha dificultad al soplete y comunica á la llama un color rojo púrpura; insoluble en los ácidos y demás reactivos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	66,40
Alúmina.	25,30
Litina.	8,85
Sosa.	»
Cal.	»
Oxido de hierro.	1,45
Oxido de manganeso.	»
	100,00

VARIEDADES.—Se pueden establecer las dos siguientes: 1.ª petalita propiamente dicha, que ofrece lustre vítreo, color blanco lechoso ó rosáceo, peso específico de 2,4 y fusible al soplete en un vidrio semitrasparente: 2.ª trifana *(tris*, tres, *fános*, manifiesto), ofrece tres exfoliaciones bien marcadas; su dureza es superior á la de la variedad anterior, el peso específico está representado por 3, y se funde al soplete, colorando la llama de rojo en un vidrio incoloro; insoluble en los ácidos. Algunos mineralogistas consideran á la variedad trifana como especie distinta de la petalita.

YACIMIENTO.—La variedad denominada petalita se encuentra en venas en la roca pegmatítica de las minas de hierro de Utoe (Suecia); existe además en una caliza sacaroidea en Boston (Estados-Unidos). La variedad ó especie trifana fué descubierta, en union con la petalita, por Andrade en la indicada mina de Utoe y la llamó espodumena, porque calentada en un crisol se desmorona en partículas que presentan un color de ceniza; se encuentra tambien la trifana en el Tirol, Dublin (Irlanda), Groenlandia y en Chester, Norwich y Massachussets (Estados-Unidos).

Corresponde tambien á la petalita un mineral que Breithaupt denomina Castor, porque siempre va asociado á otra sustancia denominada Polux, la cual no es mas que una variedad de la riacolita correspondiente al feldespato ortosa.

FAMILIA—COCEOLITAS

Las especies mineralógicas incluidas en esta familia tienen analogías, por una parte, con los feldespatos, y por otra, con las ceolitas; se asemejan á los primeros en su dureza y composicion química, supuesto que están formados por un silicato de alumina y otro silicato de base alcalina; se parecen á las ceolitas en sus propiedades exteriores, en que dan un precipitado gelatinoso por medio de los ácidos y en su yacimiento. No obstante, la mayoría de los minerales correspondientes á las coceolitas son anhidros, mientras que contienen mas ó menos cantidad de agua las especies incluidas en las ceolitas. Las especies de coceolitas se hallan cristalizadas en los tres ó cuatro primeros sistemas, son incoloras ó blancas; casi todas rayan al vidrio, siendo su peso específico de 2,3 á 2,6. Los minerales comprendidos en esta familia son los siguientes: 1.° anfigena; 2.° nefelina; 3.° sarcolita; 4.° sodalita; 5.° Haüyna; 6.° lazulita; 7.° eudialita; 8.° prehnita· 9.° datolita.

ANFIGENA—SILICATO DE ALUMINA Y DE POTASA—Fórmula química $(Al^2O^3)^2$ SiO^2+2KO, SiO^2

CARACTÉRES.—La anfigena, denominada además leucolita ó leucita y granate blanco, cristaliza en trapezoedros derivados del sistema cúbico: su fractura es vítrea y concoidea, semi-trasparente ó traslúcida, color blanco ó blanco agrisado, por lo que, y teniendo en cuenta su forma trapezoédrica análoga á la de algunos granates, se la llama granate blanco ó leucita *(leucos*, blanco; *litos*, piedra); la anfigena

raya difícilmente al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,4. Infusible al soplete, pero si se la mezcla con el borax se funde en un vidrio trasparente; reducida á polvo se disuelve por digestion en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION DE LA ANFIGENA DE ALBANO

Sílice	54,00
Alumina	23,00
Potasa	22,00
Sosa	»
	99,00

VARIEDADES.— Se halla siempre la anfigena cristalizada en trapezoedros ásperos en la superficie, y algunas veces huecos en el interior. Estos cristales experimentan, por lo comun, una alteracion análoga á la del feldespato ortosa, y se convierten en una especie de kaolin (cristales de Roca-Monfina) junto á Sessa.

YACIMIENTO.—Corresponde esencialmente á los terrenos volcánicos, donde se halla en cristales ó granos diseminados en las antiguas lavas de Pompeya y la Somma, cerca de Nápoles, en los volcanes apagados de Albano, Frascati y Acquapendente (Estados Romanos). Constituye la anfigena la base del pórfido designado con el nombre de leucitofido.

NEFELINA—SILICATO DE ALUMINA Y DE SOSA—Fórmula química $2Al^2O^3, SiO^2 + (NaO)^2 SiO^2$

CARACTÉRES.—La *nefelina*, llamada además *sommita* ó *Beudantita*, cristaliza en un prisma exagonal correspondiente al sistema romboédrico; fractura vítrea y concoidea; color blanco ó agrisado, trasparente ó traslúcida y de brillo vítreo; raya la fosforita y se deja rayar por el feldespato, estando representado su peso específico por 2,5. Se funde al soplete, con aumento de volúmen, en un glóbulo vítreo; si se la reduce á polvo, se disuelve en los ácidos; cuando se introduce un fragmento en el ácido nítrico pierde su trasparencia y se convierte en opaca y anubarrada, cuyo carácter tuvo en cuenta Haüy para llamar á esta especie *nefelina* (*néfele*, nube).

COMPOSICION DE LA DE LA SOMMA EN PESO

Sílice	44,04
Alumina	34,06
Oxido férrico	0,44
Sosa	15,91
Potasa	4,52
Cal	2,01
Agua	0,21
	101,19

VARIEDADES.—Se presenta la nefelina en prismas exagonales sencillos, ó modificados algunas veces en las aristas laterales y en las básicas; existe además en masas amorfas, de color verdoso ó azul y en algunos casos rojizo, lustre craso y resinoso, constituyendo la variedad denominada *eleolita* (*eleos*, aceite). La eleolita se funde con mas facilidad que la nefelina propiamente dicha, por lo que, y teniendo presente el diverso yacimiento de una y otra, algunos autores forman dos especies distintas.

YACIMIENTO.—Se halla la nefelina, en union con los piróxenos, meionita y sodalita, en las rocas de la Somma (Nápoles) y en las lavas anfigénicas en Capo di Bove (Roma). La eleolita existe engastada en una sienita circonífera de ciertas localidades de Noruega.

SARCOLITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL—Fórmula química $Al^2O^3,3SiO^2 + CaO,SiO^2$

CARACTÉRES.—La *sarcolita* (*sarcos*, carne; *litos*, piedra), cristaliza en prismas de base cuadrada, pertenecientes al segundo sistema; su fractura es vítrea y el lustre algo na carado; color rojo de carne, de donde se deriva el nombre de la especie, ofreciendo en algunos casos un color rojo, análogo al de la analcima; raya á la fosforita y se raya por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,56. Se funde al soplete, y forma jalea por medio del ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	42,11
Alúmina	24,50
Cal	32,43
Sosa	2,93
	101,97

YACIMIENTO.—La sarcolita se halla del mismo modo que la nefelina, en las cavidades de las rocas de la Somma.

SODALITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE SOSA MEZCLADA CON CLORURO DE SODIO—Fórmula química $2Al^2O^3,SiO^2 + (NaO)^2SiO^2$

CARACTÉRES.—La forma primitiva de la sodalita es el dodecaedro romboidal; de fractura vítrea, incolora, verde de yerba ó azul intenso, perdiendo estos colores por medio del calor; raya á la fosforita y se deja rayar por el feldespato, siendo su peso específico de 2,29. Se funde difícilmente al soplete en un vidrio incoloro; soluble en el ácido nítrico con formacion de jalea.

COMPOSICION DE LA SODALITA DEL VESUBIO

Sílice	38,12
Alúmina	31,68
Sosa	24,37
Cloro	6,69
	100,86

VARIEDADES.—Puede dividirse en tres variedades, á saber: 1.ª sodalita del Vesubio, cristalizada en dodecaedros romboidales, ó en pequeñas masas trasparentes, incoloras ó verde de espárrago. 2.ª Sodalita de Groenlandia, de un verde agrisado, lustre vítreo y algo craso, traslúcida y de fractura astillosa. 3.ª Cancrinita azul, se presenta en venas de un azul intenso, cuyas venas son susceptibles de dar por la exfoliacion un dodecaedro romboidal.

YACIMIENTO.—La sodalita del Vesubio se encuentra en las cavidades de las rocas micáceas ó dolomíticas de la Somma; la de Groenlandia existe en una pizarra micácea, y la cancrinita se halla en union con la eleolita en una roca cristalina de Miask (Montes Urales); la hay tambien en Brevig (Noruega) y Maine (Estados Unidos).

HAUYNA—SILICATO DE ALÚMINA Y DE SOSA, MEZCLADO CON UN SULFATO DE CAL Ó SOSA Y SULFURO DE HIERRO Fórmula química $Al^2O^3 SiO^2 + NaO, SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica, dedicada al célebre mineralogista Haüy, rara vez cristaliza en dode-

caedros romboidales del primer sistema; por lo comun, se presenta en pequeños granos cristalinos de color azul ó azul verdoso, alguna vez incolora y de lustre vítreo; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 2,5. Se decolora y funde en el soplete en un vidrio ampolloso; pierde tambien su color y se disuelve en los ácidos formando jalea.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	37,00
Acido sulfúrico.	11,56
Alumina.	27,50
Sosa.	12,24
Cal.	8,14
Oxido de hierro.	1,15
Oxido de manganeso.	0,50
Agua.	1,50
	100,59

Teniendo en cuenta la composicion indicada, pudiera formularse la Haüyna del modo siguiente: $Al^2O^3,SiO^2 + NaO,SiO^2 + CaO,SO^3$.

VARIEDADES.—Existen, como se ha dicho, la cristalizada en dodecaedros romboidales y en granos cristalinos, cuya coloracion azulada se debe sin duda á la corta cantidad de sulfuro metálico que encierran.

YACIMIENTO.—Se encuentra en las rocas volcánicas, tales como los basaltos, lavas, traquitas, etc., de Marino cerca de Roma, en los montes Laciales, en la Somma (Nápoles) y en las fonolitas de Cantal y basaltos de Mont-Dore (Francia).

Algunos mineralogistas consideran como especie distinta de la Haüyna á la espinelana ó nosina, pero en realidad no es mas que una variedad, ó mas bien una mezcla de Haüyna y sodalita.

LAZULITA Ó LAPISLÁZULI—SILICATO DE ALÚMINA, DE SOSA Y DE CAL, mezclado con sulfato de sosa y un sulfuro metálico que la da color—Fórmula química $(Al^2O^3)^2, SiO^2 + (NaO,CaO)^2SiO^2$

CARACTÉRES.—La lazulita ó lapislázuli, llamada tambien ceolita azul y Ultramar, cristaliza en dodecaedros romboidales derivados del sistema cúbico; por lo general, se presenta en masas compactas, de color azul intenso salpicado de puntos amarillos, debidos al sulfuro de hierro, ó blancos á causa del carbonato de cal; raya á la fosforita y se deja rayar por el feldespato, siendo su peso específico de 2,4. Por medio del soplete se decolora y funde, aunque con dificultad, en un esmalte blanco; se disuelve en los ácidos formando jalea.

COMPOSICION EN PESO

	Lazulita de Oriente (Gmelin)	Id. de Chile (Schultz)
Sílice.	49	45,70
Acido sulfúrico.	2	4,32
Alumina.	11	25,34
Óxido férrico.	4	1,30
Sosa.	8	10,55
Cal.	16	7,48
Azufre.	indicios	3,96
Potasa.	»	1,35
	90	100,00

VARIEDADES.—Las únicas que se conocen son la cristalizada y en masas compactas.

YACIMIENTO.—La lazulita se halla diseminada en las rocas cristalinas de Baikal (Siberia). Los antiguos conocian esta especie y la denominaron zafiro; los mejores ejemplares proceden de la Tartaria, Tibet y la China; se encuentran además en la cordillera de Ovalle (Chile).

USOS.—Se emplea para la construccion de objetos de adorno de mucho precio, tales como tabaqueras, puños de baston, copas, placas, etc.; los ejemplares de un azul intenso se consideran en la joyería como piedras finas. Suministra á los pintores el azul de Ultramar ó azul real, tan estimado por su fijeza y hermosura. Para obtener este producto, basta reducir la lazulita á un polvo sumamente fino, despues de haberla calcinado; se mezcla el polvo con una pasta formada de resina, cera y aceite de linaza; se lava la mezcla que desecada produce el azul de Ultramar; la libra de este color se vende por lo menos á dos mil reales.

EUDIALITA—SILICATO DE CIRCONA Y DE VARIOS ÓXIDOS

CARACTÉRES.—La eudialita se presenta en pequeñas masas laminares de color morado, ofreciendo algunas veces cristales que derivan de un romboedro agudo; raya á la fosforita y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 2,9. Se funde al soplete en un vidrio verdoso, y se disuelve con facilidad en los ácidos formando jalea.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	49,92
Zircona.	16,88
Oxido ferroso.	6,97
Id. de manganeso.	1,15
Sosa.	12,28
Cal.	11,11
Potasa.	0,65
Cloro.	1,19
	100,15

Segun esta composicion puede representarse su fórmula del modo siguiente: $Zr^2O^3, SiO^2 + (FeO, MnO, CaO, NaO KO) SiO^2 + Cl$.

YACIMIENTO.—Se encuentra la eudialita asociada con la sodalita en un feldespato compacto, que existe en Kangerdluarsuk (Groenlandia).

Se ha descubierto hace poco tiempo en Brevig (Noruega), un mineral cuyas propiedades físicas y químicas son idénticas á las de la eudialita; no obstante, algunos autores lo han separado de esta para constituir la especie denominada eucolita.

PREHNITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL CON CIERTA CANTIDAD DE AGUA — Fórmula química $AL^2O^3, SiO^2 + Cao, SiO^2 + HO$

CARACTÉRES.—Cristaliza en un prisma romboidal recto del tercer sistema; su fractura es vítrea ó astillosa, traslúcida y de color verde amarillento; raya á la fosforita y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 2,92. Funde al soplete aumentando de volúmen, y se disuelve en los ácidos con depósito gelatinoso.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	44,10
Alumina.	24,26
Cal.	26,43
Óxido de hierro.	0,74
Agua.	4,18
	99,71

VARIEDADES.— Cristalizada en prismas romboidales, incoloros algunas veces, pero con mas frecuencia verde-olivàceos, verde-amarillentos y verde de puerro. La prehnita lameliforme se presenta en láminas pequeñas romboidales y de color amarillo ó blanco sucio. La fibrosa, constituida por fibras rectas, divergentes y entrelazadas formando bolas que, reunidas, constituyen masas apezonadas. La compacta y la seudomórfica que reemplaza á la analcima y laumonita.

YACIMIENTO. — La prehnita se encuentra en venas ó incrustaciones en rocas graníticas ó pizarreñas y tambien en forma de riñones en rocas amigdaloideas, como en Oberstein (Palatinado), Delfinado, Tirol, Escocia, Africa, etc.

DATOLITA Ó HUMBOLDTITA—SÍLICO-BORATO DE CAL — Fórmula química $3CaO, SiO^2 + Cao,Bo^2 + HO$

CARACTÉRES. — La datolita ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo simétrico, perteneciente al quinto sistema; fractura vítrea, lustre entre craso y vítreo, color blanco con un ligero tinte verde ó amarillento; raya al espato fluor y se deja rayar por la ortosa, siendo su peso específico de 2,9 á 3. La datolita da agua si se la calienta en un tubo de ensayo; por medio del soplete se funde con facilidad, aumentando de volúmen, en un vidrio trasparente, colorando al propio tiempo la llama de verde; se disuelve en los ácidos, cuando se reduce á polvo, produciendo un depósito gelatinoso; la disolucion obtenida comunica á la llama del alcohol un color verde característico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	38,48
Cal.	35,64
Acido bórico.	20,32
Agua.	5,58
	100,02

VARIEDADES.— Las variedades mas notables de esta especie son las siguientes: 1.ª la datolita pura ó cristalizada, se presenta en incrustaciones ó granos cristalinos agregados; 2.ª la Humboldtita; y 3.ª la datolita seudomórfica ó convertida en sílice.

YACIMIENTO.— La variedad cristalizada se encuentra en una mina de hierro de Arendal (Noruega), en Toggiana (ducado de Módena), en el condado de Perth (Escocia) y en varios puntos de la América del Norte. La Humboldtita se halla en el Tirol y la satolita seudo-mórfica en Hay-Tor (Devonshire).

CEOLITAS—(DE SEIN, HERVIR, LITOS, PIEDRA)

Todas las especies de esta familia, menos la *apofilita* y *disclasita*, son silicatos de alumina y otra base alcalina ó alcalino-térrea. Cristalizan, ó se presentan en masas aciculares trasparentes; son incoloras ó dotadas de un color rojo de carne: rayan á la fosforita y se dejan rayar por el feldespato, estando comprendido su peso específico entre 2 y 4 enteros. Se funden produciendo efervescencia, y se disuelven en los ácidos con depósito gelatinoso; hállanse, por lo comun, en rocas volcánicas antiguas y en geodas ó rocas amigdaloideas.

La familia de las ceolitas se divide en cuatro grupos principales: 1.° el de las ceolitas cúbicas; 2.° el de las romboédricas; 3.° el de las prismáticas; y 4.° el de las hojosas ó laminares.

PRIMER GRUPO— *Ceolitas cúbicas*

Las especies de este grupo están caracterizadas por cristalizar en formas derivadas del sistema cúbico. Comprende la analcima, itnerita, glotalita y taujasita.

ANALCIMA Ó CEOLITA DURA—SILICATO DE ALUMINA Y DE SOSA HIDRATADO— Fórmula química $2Al^2O^3, (SiO^2) + (NaO)^2SiO + HO$

CARACTERES. — La analcima tiene por forma primitiva un trapezoedro; fractura vítrea en los cristales trasparentes y mate en los opacos; color blanco nacarado ó con un ligero tinte rojizo, lustre vítreo; raya á la fosforita y se deja rayar, aunque con dificultad, por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 2,1; se electriza débilmente por medio de la frotacion, de donde toma el nombre de *analcima* (*analxis*, débil, impotente). Se funde al soplete, sin ebullicion, en un vidrio incoloro y trasparente; da agua por la elevacion, de temperatura; se disuelve en el ácido hidroclórico con depósito de jalea.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	55,03
Alumina.	22,96
Sosa.	13,97
Agua.	8,04
	100,00

VARIEDADES. — Cristalizada en trapezoedros, en cubos piramidales ó cubo-octaedros; la laminar, fibrosa y globular, variedades análogas á las que presenta la mesotipa.

YACIMIENTO.— Se encuentra la analcima diseminada en los basaltos y doleritas de las islas Cíclopes, en los basaltos de la Somma, en rocas amigdaloideas de ciertas localidades de Escocia, Tirol y Bohemia, y en filones metalíferos en Arendal (Suecia).

La especie denominada *Itnerita* por Gmelin, ha estado considerada como una simple variedad de sodalita; pero segun los análisis del indicado autor, la itnerita contiene un 10 por 100 de agua; se presenta en masas cristalinas de color gris-azulado y lustre craso, dando por exfoliacion un dodecaedro romboidal; raya á la fosforita y su peso específico es de 2,4; si se la calienta en el tubo de ensayo desprende agua en bastante cantidad; se funde en un glóbulo opaco y forma jalea con los ácidos.

La especie llamada Glotatita por Thomson, por haber sido descubierta en Glotta (Escocia), cristaliza en cubo-octaedros; su lustre es vítreo, incolora, raya al yeso y se deja rayar por el espato fluor, siendo su peso específico de 2,18. Se funde al soplete en un esmalte blanco.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	37,02
Alumina.	16,31
Óxido férrico.	0,50
Cal.	23,93
Agua.	21,25
	99,01

La Taujasita, dedicada á Taujas de Saint-Fond, está constituida por un silicato de alumina, de sosa y de cal, conteniendo un 25 por 100 de agua. Cristaliza en octaedros pequeños regulares, de color blanco ó pardusco, lustre vítreo ó diamantino, siendo su dureza y demás caractéres muy afines á los de la analcima.

SEGUNDO GRUPO — *Ceolitas romboédricas*

Se incluyen en este grupo las especies siguientes: 1.ª chabasia; 2.ª levina; 3.ª hidrolita.

CHABASIA — SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL HIDRATADO — Fórmula química $Al^2O^3,SiO^2 + (CaO,NaO)(SiO^2)^2 + 6HO$

CARACTÉRES. — La chabasia, llamada tambien ceolita cúbica ó cuboidéa, ofrece por forma primitiva un romboedro análogo al del cuarzo; fractura desigual, brillo vítreo, color blanco lechoso ó blanco agrisado; raya á la fluorina y se deja rayar por el feldespato, estando representado su peso específico por 2,1. Se funde al soplete, con ebullicion, en un vidrio mas ó menos traslúcido y esponjoso; da grande cantidad de agua por la accion del calor; forma jalea en los ácidos, precipitando la disolucion en blanco por el oxalato amónico.

COMPOSICION EN PESO

Chabasia de Feroe (Arfwdson)

Sílice	48,38
Alumina	19,28
Cal	8,70
Potasa	2,50
Agua	21,14
Sosa	»
	100,00

VARIEDADES. — La chabasia ofrece dos variedades principales: 1.ª La cristalizada en romboedros muy parecidos á un cubo, de donde toma el nombre de ceolita cuboidea; estos romboedros ofrecen, por lo comun, estrías paralelas á las aristas culminantes y dispuestas como las barbas de una pluma á uno y otro lado de la diagonal oblicua. 2.ª La variedad en maclas, formadas por la reunion de dos cristales que se penetran constituyendo un ángulo de 60°.

YACIMIENTO. — La chabasia se halla en los basaltos, doleritas y geodas amigdaloideas en el Tirol, Bohemia, islas Hébridas, Palatinado y Nueva Escocia; los ejemplares de un color rojo oscuro proceden de Fund (América del Norte).

La facolita de Breithaupt y la Haidenita de Cleaveland, no son mas que simples variedades de la chabasia.

LEVINA — SILICATO DE ALUMINA, DE CAL Y DE SOSA HIDRATADO — Fórmula química $Al^2O^3\ SiO^2 + (NaO\ CaO)(SiO^2)^2 + HO$

CARACTÉRES. — Esta especie denominada Levina por haber sido dedicada á Levy, cristaliza en pequeñas tablas exagonales que derivan de un romboedro; el color de estos cristales es el blanco lechoso con tintas rojizas ó amarillentas; su dureza es mayor que la del espato fluor é inferior á la de la fosforita, siendo su peso específico de 2,2. Los caractéres químicos son idénticos á los de la chabasia.

COMPOSICION EN PESO DE LA DE FEROE (BERZELIUS)

Sílice	47,50
Alumina	21,40
Cal	7,90
Sosa	4,80
Potasa	»
Agua	18,19
	99,79

VARIEDADES. — Cristalizada en tablas exagonales, constituyendo incrustaciones en varias rocas amigdaloideas.

YACIMIENTO. — Se encuentra en los mismos terrenos que la especie anterior, siendo las localidades mas importantes, las islas Feroe, Islandia y Glenarm (Irlanda).

HIDROLITA Ó GMELINITA — SILICATO DE ALUMINA, CAL Y SOSA HIDRATADO — Fórmula química $Al^2O^3,SiO^2 + (CaO, NaO,)(SiO^2)^2 + 6HO$

CARACTÉRES. — Esta especie mineralógica la consideran algunos como una variedad de la chabasia; cristaliza en dodecaedros bipiramidales derivados del sistema romboédrico; color blanco rosáceo ó rojizo, por lo que Vauquelin la denominó *sarcolita;* lustre lechoso ú opalino y alguna vez vítreo y trasparente; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, siendo su peso específico de 2,5. Se funde al soplete con ebullicion, dando un vidrio incoloro y trasparente; soluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	46,40
Alumina	21,08
Cal	3,67
Sosa	7,30
Potasa	1,60
Agua	20,40
	100,45

YACIMIENTO. — Los cristales de hidrolita se encuentran en ciertas geodas que existen en Montecchio (Vicentino) y en Antrin (Irlanda).

TERCER GRUPO — *Ceolitas prismáticas*

Las principales especies que corresponden á este grupo son: la mesotipa, Thomsonita, laumonita, harmotoma y disclasita.

MESOTIPA (*mesós*, medio; *tipos*, forma, porque la forma primitiva puede considerarse como intermedia entre la de la estilbita y analcima) — SILICATO DE ALUMINA Y DE SOSA HIDRATADO — Fórmula química $Al^2O^3\ SiO^2 + bO\ SiO^2 + Hb$; bO, representa las bases de protóxido

CARACTÉRES. — La mesotipa, tambien designada con los nombres de ceolita propiamente dicha, ceolita radiada y natrolita, se distingue por las propiedades siguientes: su forma primitiva es un prisma romboidal recto del tercer sistema; fractura vítrea, color blanco, teñido en algunos casos de rojo ó amarillo; raya á la fosforita y se deja rayar por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 2,2. Se funde con ebullicion en un esmalte esponjoso; da agua en el tubo de ensayo por la accion del calor; se disuelve en los ácidos formando jalea.

COMPOSICION EN PESO

	Mesotipa de la Auvernia (Fuchs)	Idem de Laurwig (Gmelin)	Idem de Brevig (Bergemann)
Sílice	48,17	48,68	46,54
Alumina	26,51	26,37	18,94
Sosa	16,12	16,00	14,04
Agua	9,17	9,55	9,37
Óxido férrico	»	»	7,48
Óxido ferroso	»	»	2,40
	99,97	100,60	97,87

VARIEDADES.—Pueden establecerse en esta especie las variedades siguientes: 1.ª Mesotipa propiamente dicha, ó natrolita; se presenta cristalizada en agujas prismáticas, fibrosa ó en formas globulosas ó apezonadas, compuestas de capas concéntricas que son alternativamente blancas y amarillas. 2.ª La mesolita ofrece idénticas formas que la variedad anterior; diferenciándose, sin embargo, en que contiene cierta cantidad de cal y mas agua que la mesotipa. 3.ª Escolecita; se halla en masas aciculares ó fibroso-radiadas y de lustre nacarado; se distingue de las dos primeras en que por la accion de la temperatura adquiere la electricidad polar. La generalidad de los mineralogistas constituyen con estas tres variedades, que en último término no son mas que sub-especies, tres minerales diferentes.

YACIMIENTO.—Existen las diversas variedades de mesotipa en las rocas volcánicas del Tirol, Groenlandia, Islandia, Noruega, Escocia, Finlandia, etc. En España se encuentra la mesotipa asociada á la analcima, estilbita y chabasia en los basaltos del terreno volcánico de Vera (Almería).

THOMSONITA (dedicada á Thomson)—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $2Al^2O^3 SiO^2+(CaO, NaO)^2 SiO^2+HO$

CARACTÉRES.—La Thomsonita cristaliza en un prisma romboidal recto del tercer sistema, estando estos cristales, por lo general, deprimidos, alargados y reunidos entre sí; color blanco lechoso, traslúcido ó trasparente, de brillo vítreo y de fractura desigual; raya al espato fluor y se deja rayar por el ortosa, siendo su peso específico de 2,4. Por medio del soplete se blanquea, pero no se funde; soluble en los ácidos con formacion de gelatina.

COMPOSICION DE LA DEL VESUBIO

Sílice	37
Alumina	31,07
Cal	12,60
Agua	12,24
Sosa	6,25
	99,16

YACIMIENTO.—Esta especie mineralógica se halla esencialmente en rocas volcánicas en Kilpatrick y Lochwinnoch (Escocia); se ha encontrado en Hanestein (Bohemia), islas Ciclopes (Sicilia), islas Feroe, etc.

LAUMONITA.—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $Al\ O^3\ SiO^2+CaO\ (SiO^2)^3+5HO$

CARACTÉRES.—La laumonita cristaliza en un prisma romboidal oblicuo del quinto sistema; su color es el blanco lechoso ó blanco-amarillento y lustre ligeramente nacarado; raya al yeso y se deja rayar por el espato fluor, siendo su peso específico de 2,3 á 2,4. Se funde al soplete en un vidrio ampolloso; disuélvese en los ácidos, y da un precipitado blanco por el oxalato amónico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	51,98
Alumina	21,12
Cal	11,71
Agua	15,05
	99,86

YACIMIENTO.—La laumonita se encuentra en los mismos terrenos y localidades que la especie anterior, especialmente en el Tirol, Kilpatrick (Escocia), Monte Blanco y Filisburgo (Estados-Unidos).

HARMOTOMA—SILICATO DE ALUMINA Y DE BARITA Ó DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $Al^2O^3, SiO^2+bO (SiO^2)^2+6HO$, en cuya fórmula, bO, representa los óxidos de bario ó de calcio.

CARACTÉRES.—La harmotoma, denominada además *jacinto blanco cruciforme*, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto del tercer sistema; por lo general se presenta en cristales maclados, que constituyen una verdadera cruz de ramas muy cortas; fractura vítrea y desigual, brillo vítreo y color blanco lechoso ó blanco-amarillento; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, estando representado su peso específico por 2,4, en la variedad típica. La harmotoma se funde con dificultad en un vidrio blanco y trasparente; soluble en el ácido hidroclórico sin formar jalea.

COMPOSICION DE LA DE ANDREASBERG

Sílice	48,68
Alumina	16,83
Barita	20,08
Agua	14,68
	100,27

ID. DE ANNERODE

Sílice	53,07
Alumina	21,31
Barita	0,39
Cal	6,67
Potasa	»
Oxido de hierro	0,56
Agua	17,09
	99,09

VARIEDADES.—Puede dividirse la harmotoma en dos variedades principales ó, mejor dicho, en dos sub-especies, que algunos autores consideran como minerales distintos, á saber: la andreolita ó harmotoma barítica, y la cristianita ó harmotoma cálcica. La primera se presenta, por lo general, en cristales maclados, semi-trasparentes ú opacos, de un blanco lechoso y de una densidad relativa representada por 2,4; sus disoluciones precipitan en blanco por el ácido sulfúrico ó un sulfato soluble. La cristianita se halla tambien en pequeños cristales comunmente reunidos, cons-

tituyendo verdaderas maclas: su peso específico es de 2,1; forma jalea con los ácidos, mientras que en la harmotoma barítica se precipita la sílice en estado pulverulento.

YACIMIENTO.—Se encuentra la primera de las variedades citadas en rocas volcánicas y geodas de Noruega y Escocia, así como tambien en el Palatinado y en Hesse; la cristianita en idénticas rocas de Islandia, Capo di Bove en las cercanías de Roma; se halla tambien en el Vesubio, Silesia, Oberstein (Palatinado), etc.

DISCLASITA Ó CEOLITA TENAZ—SILICATO DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $3CaO, SiO^2+CaO (SiO^2)^2 + HO$

CARACTÉRES.—La disclasita se presenta en masas incompletamente fibrosas constituidas por la reunion de muchos cristales pequeños, que afectan la forma de prismas romboidales rectos; color blanco amarillento ó blanco azulado, traslúcidas y aun trasparentes; esta especie raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, siendo su peso específico de 3,3. Por medio de la accion del soplete se blanquea, pierde el lustre y se funde difícilmente en los bordes; soluble, con formacion de jalea, en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	57,69
Cal.	26,83
Agua	14,71
Sosa.	0,44
Potasa.	0,23
Oxido férrico.	0,32
Idem de manganeso. .	0,22
Alumina.	»
	100,44

Algunos ejemplares contienen hasta 5,12 de potasa y 1,22 de sosa.

VARIEDADES.—Varios mineralogistas establecen en esta especie tres variedades esenciales, á saber: 1.ª la diclasita propiamente dicha, cuyos caractéres son los indicados para la especie; 2.ª la Okenita, de un blanco de nieve y de estructura fina y homogénea; 3.ª la damburita, que contiene menos cantidad de agua que las dos variedades anteriores, pero en cuya composicion entra la potasa hasta en un 5 por ciento, cristalizando en prismas romboidales oblicuos.

YACIMIENTO.—La disclasita se halla en las rocas volcánicas de las islas Feroe; la Okenita en una roca anfibólica de la isla de Disco (Groenlandia) y la damburita en rocas feldespáticas de Dambury (Estados-Unidos).

CUARTO GRUPO—*Ceolitas hojosas*

Inclúyense en este grupo las especies siguientes: 1.ª estilbita; 2.ª Heulandita; 3.ª Brewsterita, y 4.ª apofilita.

ESTILBITA Ó CEOLITA NACARADA—SILICATO DE ALUMINA, DE SOSA Y DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $Al^2O^3, (SiO^2)^2 + (CaO, NaO) (SiO^2)^2 + 6HO$.

CARACTÉRES.—La estilbita, ó esfero-estilbita de algunos autores, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto del tercer sistema, que se exfolia con facilidad en una direccion; lustre anacarado en los planos de crucero, y vítreo en la fractura reciente; color blanco lechoso ó gris amarillento; raya al espato de Islandia y se deja rayar por el espato fluor, estando representado su peso específico por 2,16. Se funde al soplete en un esmalte blanco, y pierde por la calcinacion un 15 por 100; se disuelve en los ácidos y da un precipitado blanco tratado por el oxalato amónico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	56,08
Alumina.	17,22
Cal.	6,95
Sosa.	2,17
Agua.	18,35
	100,77

En algunos ejemplares existe una corta cantidad de potasa.

VARIEDADES.—1.ª La cristalizada en prismas romboidales; 2.ª la flabeliforme ó en forma de abanico; 3.ª la estilbita radiada, compuesta de fibras aciculares que divergen del centro á la circunferencia; 4.ª la laminar, formada de pequeñas láminas; 5.ª la apezonada ó globosa, variedad denominada por Beudant esfero-estilbita.

YACIMIENTO.—Se hallan las diversas variedades de estilbita en los terrenos graníticos ó volcánicos, asociada, por lo comun, á la mesotipa y espato de Islandia; encuéntrase en los filones metalíferos de Arendal y Konsberg (Noruega), en las lavas de los volcanes apagados de la Auvernia, Tenerife, Etna y Vesubio. En España existe en la formacion basáltica de Almagro (Ciudad Real) y Vera (Almería).

HEULANDITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL HIDRATADO—Fórmula química $Al O^3 (SiO^2)^2 + CaO (SiO^2)^2 + 5HO$

CARACTÉRES.—La Heulandita cristaliza en prismas romboidales oblicuos del quinto sistema; color blanco de nieve ó blanco rojizo; lustre anacarado en los planos de crucero, traslúcida ó trasparente; raya al espato fluor y se deja rayar por el feldespato, siendo su peso específico de 2,1, á 2,2. Se funde al soplete, con ebullicion y ráfagas luminosas, en un glóbulo incoloro y opaco: se disuelve en los ácidos sin formar jalea.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	59,15
Alumina.	17,92
Cal.	7,68
Agua.	15,40
	100,15

YACIMIENTO.—La Heulandita se halla, aunque mas escasa que la estilbita, en los filones metalíferos de Noruega, en las rocas amigdalóideas de Escocia, Tirol, Islandia, islas Feroe, etc.

La «epistilbita,» especie mineralógica formada por Rose con una variedad de la estilbita, tiene grande analogía, no solo con esta especie, sino con la Heulandita, de las cuales puede decirse que solo se distingue en la proporcion de los elementos y en algun carácter físico, tal como la forma y dureza. La Brewsterita, ó tercera especie del grupo, es análoga tambien á la Heulandita, de la que se diferencia por el color gris amarillento ó blanco agrisado, y sobre todo por la proporcion de los elementos.

APOFILITA—SILICATO DE CAL Y POTASA HIDRATADO— Fórmula química 3(CaO,KO). SiO^2+5HO

CARACTÉRES.—La apofilita, llamada tambien ictiotalma y albina, cristaliza en octaedros ó prismas rectos de base cuadrada del segundo sistema que se exfolian con facilidad en direccion paralela á la base, de donde toma la especie el nombre de «apofilita» que le dió Haüy (de *apofilein*, exfoliarse); cuando se exfolia presenta un brillo nacarado; es trasparente ó traslúcida, incolora, blanco-agrisada, gris-verdosa y aun rojiza; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, estando representado su peso específico por 2,3. Si se coloca una lámina de apofilita en las pinzas de turmalina, ofrece, como se ha indicado al hablar de la doble refraccion, anillos alternativamente blancos y negros, por cuyo carácter se la denomina tambien «leucolita.» Aumenta de volúmen por medio del soplete, y se funde en un vidrio incoloro y esponjoso; si se la reduce á polvo, y se la trata por el ácido hidroclórico, se divide en grupos gelatinosos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	51
Cal	26,4
Potasa	5,6
Agua	17
	100,0

VARIEDADES.—Cristalizada en «prismas» de «base cuadrada» y de caras casi iguales en longitud, por lo que parecen verdaderos cubos caracterizados por el brillo esencialmente nacarado que presentan, de donde toma tambien la apofilita el nombre de «ictiotalma,» palabra derivada de otras dos griegas, que quieren decir, «ojo de pescado.» La variedad mas comun de apofilita es la «prismática» biselada en las aristas verticales.

YACIMIENTO.—Se halla esta especie en las rocas anfibólicas de Suecia, Finlandia, Tirol, Hungría, etc.

FAMILIA—PRISMATICAS

Las especies mineralógicas comprendidas en esta familia ofrecen las propiedades generales siguientes: son silicatos de alumina unidos, por lo comun, á otro silicato de base de protóxido: cristalizan en prismas derivados del tercero, cuarto y aun quinto sistema; por lo general son coloreadas; rayan al vidrio y tienen una densidad relativa comprendida entre 3 y 4, siendo la mayoría de ellas inatacable por los ácidos.

Algunos autores dividen esta famiila en tres grupos, á saber:

1.° ápiras; 2.° epidotas; 3.° Wernerianas ó cuadráticas.

PRIMER GRUPO—*Ápiras*

Se comprenden en este grupo las especies andalucita, distena y estaurotida, cuyos caractéres generales son los siguientes: cristalizan en un prisma romboidal recto en la andalucita y estaurotida, y oblicuo en la distena; infusibles al soplete y compuestas de un silicato de alumina, cuya base está sustituida en parte en la distena por el sesquióxido de hierro.

ANDALUCITA—SILICATO DE ALUMINA—Fórmula química $(Al^2O^3)(SiO^2)^3$

CARACTÉRES.—La andalucita se llama así, porque se descubrió por primera vez en la provincia de Almería (Andalucía); se la designa tambien con los nombres de feldespato apiro y macla hialina. Cristaliza en un prisma romboidal recto correspondiente al tercer sistema; fractura desigual, traslúcida en los bordes, color rojo de carne, pardo-agrisado blanco y verde aceitunado; las variedades hialinas rayan al cuarzo y se dejan rayar por el topacio; siendo la denominada macla mas blanda que el ortosa; su peso específico es de 3,1. Si se examina la andalucita del Brasil en la direccion de sus tres ejes, ofrece tres colores diferentes, verde aceituna, rojo de jacinto y verde amarillento. Infusible al soplete é insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Andalucita del Brasil (Damour)

Sílice	37,03
Alumina	61,45
Óxido férrico	1,17
	99,65

VARIEDADES.—Comprende dos variedades esenciales, que algunos mineralogistas consideran como especies distintas, á saber: 1.ª Andalucita propiamente dicha, que cristaliza en prismas sencillos y, por lo comun, prolongados, de color rojo violado ó gris nacarado y cubiertos de láminas de mica ó de distena. 2.ª Macla ó Jamesonita, que cristaliza en prismas romboidales adheridos á rocas pizarrosas ó arcillosas, ó bien se presenta en cristales maclados formando una cruz; una de las ramas tiene color blanco-agrisado y la otra negro, colores debidos á la penetracion de dos sustancias distintas. Puede admitirse otra tercera variedad, la bacilar, constituida de prismas que, en general, están radiados y ofrecen un color rosáceo.

YACIMIENTO.—La variedad andalucita se halla en cristales diseminados ó engastados en rocas graníticas y gneísicas del Tirol, Baviera, Sajonia, Nantes (Francia) y otras localidades extranjeras.

Naranjo la encontró en la cordillera de Guadarrama en la mina del Chorro, cerca de Somosierra, y Schulz en el gneis de Noya y otros pueblos de Galicia; existe además en ciertos puntos de los montes de Toledo y de la Serranía de Ronda (Málaga). La variedad denominada macla existe bastante abundante en el valle de Pragneres (Pirineos franceses), en Bagneres de Bigorre (Francia), en la sierra de Marao (Portugal), en la Argelia, Estados Unidos, etc. En España existe en Losaco (Zamora), Logrosan (Cáceres) y en los Pirineos de Asturias y Galicia.

ESTAUROTIDA Ó PIEDRA DE CRUZ—SILICATO DE ALUMINA Y OXIDO FÉRRICO—Fórmula química $(Al\text{-}O^2, Fe^2N^3)SiO^3$

CARACTÉRES.—La estaurotida, piedra de cruz ó chorlo cruciforme, rara vez se presenta cristalizada en prismas romboidales rectos del tercer sistema; por lo general se encuentra en cristales cruzados en ángulo recto; fractura desigual y concoidea, lustre vítreo y resinoso, color gris ó pardo rojizo; raya con mucha dificultad al cuarzo y se deja rayar por el topacio, estando representado su peso específico por 3,4. Si se calienta la estaurotida hasta el calor rojo conserva su color primitivo; por medio del soplete se reduce, sin fundirse, en una escoria negra.

COMPOSICION DE LA ESTAUROTIDA DE SAN GOTARDO (JACOBSON)

Sílice	29,72
Alumina	54,72
Óxido férrico	15,69
Oxido mangánico	»
Magnesia	1,85
	101,98

VARIEDADES.—Se conocen dos variedades importantes, la 1.ª es la granatita, de un pardo rojizo, traslúcida, de fractura algun tanto resinosa y de aspecto análogo á ciertas variedades de granates, y la 2.ª la estaurotida comun, de un pardo agrisado, opaca y con tendencia á presentarse siempre en cristales cruzados.

YACIMIENTO.—Se halla en las pizarras talcosas y micáceas y en los gneis de San Gotardo, Estados Unidos, departamento de Finisterre (Francia), etc. En España existe en el Cardoso y Escorial (Cordillera de Guadarrama), en Canales de la Sierra (Burgos), y en toda la zona de la provincia de Asturias limítrofe con la de Lugo, en cuyos sitios aparece diseminada en pizarras silúricas.

DISTENA Ó CHORLO AZUL—SILICATO DE ALUMINA—Fórmula química $(Al^2O^3)^3(SiO^2)^2$

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica, que tambien se la designa con el nombre de cianita ó chorlo azul, ofrece por forma primitiva un prisma romboideal oblicuo, perteneciente al sexto sistema; su fractura y lustre vítreo; color, por lo general azul, algunas veces incolora, amarilla-rojiza, verde y aun negra: raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa, estando representado su peso específico por 3,6. Desarrolla mediante la frotacion, unas veces la electricidad positiva y otras la negativa, de donde toma el nombre de distena (*dus*, dos; *sfenos*, fuerza): infusible al soplete é insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	37,5
Alumina	62,5
	100,0

VARIEDADES.—Se presenta la distena cristalizada en prismas no simétricos y prolongados, y en formas bacilares, hojosas y laminares.

YACIMIENTO.—Corresponde á los terrenos cristalinos y se halla diseminada en las rocas talcosas de San Gotardo, en una leptinita de Sajonia, en la caliza sacaroidea y dolomia de Gondo (Simplon); se encuentra tambien en Carintia asociada á los granates rojos y cocolita, en las pizarras de varios puntos de la Bretaña (Francia), Nueva-York (Estados-Unidos), etc. En España existe en el terreno silúrico de Torrelaguna (Madrid), en una pizarra micácea de la sierra de la Loba y en la de Ganadoyra (Galicia).

SEGUNDO GRUPO.—*Epidotas*

En este grupo se comprenden minerales afines á los apiros, porque se funden con mucha dificultad; son poco atacables por los ácidos y su peso superior á 3. En realidad no corresponden á este grupo mas que dos especies: 1.ª la zoisita, y 2.ª la epidota.

ZOISITA—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL—Fórmula química $2Al^2O^3, SiO^2+(CaO)^2SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica dedicada al baron Zois cristaliza, segun la mayoría de los autores, en prismas romboidales oblicuos; fractura vítrea, color blanco agrisado ó pardusco, y en algun caso verde ó sonrosado; raya al feldespato ortosa y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 3,35; al soplete aumenta de volúmen y se funde en los bordes en un vidrio amarillo y trasparente; mediante una fuerte calcinacion desprende cierta cantidad de agua.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	40,95
Alumina	30,34
Óxido férrico	5,51
Cal	21,56
Agua	1,69
	100,05

YACIMIENTO.—La zoisita se halla en masas bacilares ó en prismas alargados y acanalados en rocas cristalinas del Tirol, Salzburgo, Carintia, Massachussets, etc.

La especie tulita de algunos autores no es mas que la misma zoisita que contiene pequeñas cantidades de bióxido de manganeso, ácido vanádico y óxido de sodio; su color es sonrosado y se halla en Noruega.

EPIDOTA—SILICATO DE ALUMINA Y DE CAL, estando parte de la alumina sustituida por sesquióxido de hierro—$Al^2O^3 SiO^2+CaO,SiO^2$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, llamada tambien talita, pistachita, chorlo verde del Delfinado, etc., se distingue por las propiedades siguientes: cristaliza en un prisma exagonal oblicuo del quinto sistema, generalmente alargado y con estrías paralelas á las aristas horizontales de las bases; fractura vítrea, lustre vítreo y craso; color verde-pistacho, morado, gris y pardo-rojizo; raya al ortosa y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 3,3 á 3,4. Se entumece y funde, aunque con dificultad, en una escoria negra; es muy poco soluble en los ácidos, pero despues de calcinada forma jalea en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	40,9
Alumina	28,9
Oxido de calcio	16,2
Oxido férrico	14,0
	100,0

VARIEDADES DE FORMAS Y DE ESTRUCTURAS ACCIDENTALES.—Se conocen las variedades siguientes: 1.ª epidota acicular; 2.ª bacilar; 3.ª granular, y 4.ª arenácea.

Variedades de mezclas y de colores: 1.ª epidota ferrífera y pistachita; esta variedad tiene un 9 por 100 de hierro y color verde pistacho; en algunos casos verde de yerba, constituyéndose entonces la subvariedad talita; 2.ª epidota manganesífera ó piamontita, de color rojo ó morado debido al óxido de manganeso; 3.ª epidota cerífera llamada tambien alianita por Thomson, ortita y pirortita por Berzelius, bragracionita por Kokcharow, etc.; se presenta de color negruzco, distin-

guiéndose además por su composicion química; está constituida de sílice, alumina, óxido de calcio y de hierro como las variedades anteriores, pero lleva además (15 á 20 por 100) de óxido de cerio y varios metales, á saber: el didimo, lantano é istrio; 4.ª bucklandita, se presenta en cristales pequeños de un pardo rojizo ó verde negruzco; 5.ª tautolita y withamita, consideradas por algunos como subvariedades de la bucklandita.

Yacimiento.—Las diversas variedades de epidotas corresponden en general á los terrenos cristalinos, y se hallan en rocas graníticas, talcosas ó metamórficas. Los mejores ejemplares de esta especie proceden de los montes Urales, Tirol, Arendal (Noruega), cercanías de Bareges (Pirineos), Piamonte, Grisones, etc.

Tercer grupo—*Wernerianas*

En los minerales incluidos en este grupo entra constantemente el óxido de calcio y tienen por ganga las calizas. Sus colores, por lo general, son claros, dureza análoga á la de los feldespatos y peso específico inferior á 3 enteros. Su forma primitiva es un prisma de base cuadrada; se funden con mas ó menos facilidad en vidrio y son solubles en los ácidos. Se comprenden en este grupo las especies siguientes: 1.ª wernerita; 2.ª couzeranita; 3.ª meionita, y 4.ª melilita.

WERNERITA—silicato de alumina y de cal—Fórmula química $2Al^2O^3, SiO^2 + (CaO)^3 SiO^2$

Caractéres.—Esta especie mineralógica, formada por la reunion de la wernerita de Andrada y por la escapolita ó parantina de Monteiro, cristaliza en un prisma de base cuadrada; sus colores variados, puesto que ciertos ejemplares son amarillos, otros verdes, algunos rojo de ladrillo y varios otros agrisados y con tintas blancas; raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa, estando representado su peso específico por 2,7. Se funde al soplete, aunque con dificultad, en un esmalte blanco; se deja atacar, pero no se disuelve por completo en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

	Wernerita propiamente dicha	Escapolita
Sílice	48,15	52,25
Alumina	25,38	23,97
Oxido férrico	1,48	»
Oxido de calcio	16,63	9,86
Oxido de sodio	4,91	8,70
	96,55	94,78

Variedades.—Comprende dos variedades esenciales; 1.ª Wernerita propiamente dicha ó arktizita, cristalizada ó en masas de color verde aceituna y de lustre algo craso; 2.ª escapolita ó parantina, se presenta en cristales alargados compuestos de un tejido laminar y fácilmente exfoliables en direccion paralela á las caras del prisma primitivo; estos cristales experimentan cierta alteracion, llegando en algunos casos hasta eflorescerse y convertirse en láminas análogas á las del talco ó de la mica, de donde toma el nombre de parantina (de *paranzeio*, yo eflorezco). Esta variedad tiene color amarillo, verde ó rojo de ladrillo.

Yacimiento—La variedad Wernerita se encuentra en los filones metalíferos de Arendal (Noruega) y en el norte de Suecia; la escapolita existe en Pargas (Finlandia) y en Massachussets.

COUZERANITA—silicato de alumina y de cal—Fórmula química $2\ Al^2O^3, SiO^2+(CaO)^3 SiO^2$

Caractéres.—La couzeranita, así denominada por haber sido descubierta en Couzeran (Pirineos), tiene por forma primitiva un prisma recto de base cuadrada; fractura laminar en la direccion de la pequeña diagonal, y concoidea en los demás sentidos: color gris negruzco, gris claro ó negro; lustre vítreo y ligeramente resinoso; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,69. Se funde al soplete en un esmalte blanco; insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	52,37
Alumina	24,02
Cal	11,85
Magnesia	1,40
Potasa	5,52
Sosa	3,96
	99,12

Teniendo en cuenta la composicion anterior pudiera representarse su fórmula del modo siguiente: $2Al^2O^3, SiO^2+ (CAO, NAO, KO, MgO)^3 SiO^2$.

Yacimiento.—La couzeranita fué hallada por primera vez por Charpentier en Couzeran (Pirineos), habiéndose encontrado posteriormente en Pouzac cerca de Bagneres de Bigorre (Francia).

La especie llamada *dipiro*, no es mas que una couzeranita que se presenta en pequeños cristales; es un mineral vítreo trasparente ó traslúcido; se funde y se blanquea por medio del soplete, y fosforesce al propio tiempo, por lo que Haüy le dió el nombre de *dipiro*. Se halla esta sustancia en Mauleon (Bajos Pirineos), Pouzac (Altos Pirineos) y en algunas otras localidades.

MEIONITA—silicato de alumina y de cal—Fórmula química $2\ Al^2O^3, SiO^2 + (CaO)^3 (SiO^2)$

Caractéres.—Cristaliza en prismas rectos de base cuadrada sumamente pequeños, de donde toma el nombre de *meionita*, (meion, menor); su color es por lo general blanco, siendo en este caso trasparente, ó blanco lechoso y traslúcida; lustre vítreo y la fractura desigual y brillante; raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa, siendo su peso específico de 2,6 á 2,7. Se funde por medio del soplete en un vidrio blanco y esponjoso; se disuelve formando jalea en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

	Damour	Gmelin
Sílice	41,80	40,8
Alumina	30,40	30,6
Cal	19,00	22,1
Sosa	1,51	2,4
Potasa	0,86	»
Magnesia	0,46	»
Pérdida	3,17	3,1
Residuo	0,46	»
	98,66	99,0

Yacimiento.—La meionita no se ha encontrado hasta ahora mas que en pequeños cristales diseminados en las rocas de la Somma, que contienen además feldespato vítreo, mica verde, aujita, anfibol negro y granate melanito.

MELILITA—SILICATO DE ALUMINA, CAL, MAGNESIA Y HIERRO

CARACTÉRES.—La melilita, llamada tambien Humboldtita, cristaliza en pequeños paralelepípedos rectangulares ú octaedros que derivan del segundo sistema; el color de estos cristales es el amarillo de miel de donde toma el nombre que lleva (*meli*, miel, *litos*, piedra); raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico de 2,95; se funde al soplete, y se disuelve en los ácidos formando jalea.

COMPOSICION EN PESO

	De la Melilita (Damour)	De la Humboldtita (Damour)
Sílice.	38,3	40,6
Cal.	32,0	31,8
Magnesia.	6,7	5,7
Potasa.	1,5	0,3
Sosa.	2,1	4,4
Oxido férrico. . . .	10,0	4,4
Alumina.	8,6	10,8
	99,2	98,0

YACIMIENTO.—Existe la melilita ó Humboldtita en las lavas del Vesubio y en rocas basálticas de Capo di Bove cerca de Roma.

FAMILIA—ANFIBOLICAS

Las especies de esta familia ofrecen los caractéres siguientes: son silicatos de cal, magnesia ú óxido de hierro: cristalizan en formas que corresponden al quinto sistema, y se presentan, por lo general, hojosas y de estructura fibrosa ó fibroso-radiada; su dureza es igual é inferior á la de la fosforita y el peso específico próximamente de 3 enteros. La mayoría de estas especies corresponden á los terrenos ígneos ó volcánicos. Se puede dividir esta familia en dos secciones principales: 1.ª seccion de los anfíboles; 2.ª de los piróxenos; y un apéndice constituido por el asbesto, amianto y corcho de montaña.

PRIMERA SECCION—ANFÍBOLES

(De *anfibolos*, dudoso, porque los minerales comprendidos en esta seccion se confunden con otros cuerpos, especialmente con los chorlos)

Bajo el nombre comun de anfíboles se reunen tres sub-especies, que algunos autores elevan á la categoría de especies, á saber: 1.ª la tremolita ó anfíbol blanco; 2.ª la actinota ó anfíbol verde, y 3.ª la hornblenda ó anfíbol negro. Estas tres sustancias ofrecen las propiedades generales siguientes: son silicatos de cal, magnesia ó protóxido de hierro: cristalizan en un prisma romboidal oblicuo que deriva del quinto sistema: colores mas frecuentes el blanco, gris, verde y negro: se rayan por el ortosa y por una punta de acero, estando comprendido su peso específico entre 2,9 y 3,5: por medio del soplete se funden en un glóbulo de color verde, agrisado ó negro: insolubles ó muy poco solubles en los ácidos.

1.ª *sub-especie.*—TREMOLITA Ó ANFIBOL BLANCO—SILICATO DE CAL Y DE MAGNESIA—Fórmula química CaO, $SiO^2 + (Mgo)^3\ SiO^2$

CARACTERES.—La tremolita ó anfíbol blanco, denominada tambien gramatita, se presenta en cristales alargados intactos ó redondeados mediante las obliteraciones que experimentan; por lo comun este mineral se halla en masas fibrosas, de fibras gruesas y reunidas entre sí, ó, por el contrario, muy finas y radiadas; color blanco, blanco agrisado ó algo verdoso, brillo nacarado; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, estando representado su peso específico por 2,9. Se funde con facilidad al soplete en un vidrio blanco y ampolloso.

COMPOSICION DE LA TREMOLITA DE SAN GOTARDO (DAMOUR)

Sílice.	58,07
Cal.	12,99
Magnesia.	24,46
Oxido ferroso.	1,82
Alúmina.	»
	97,34

En algunos ejemplares existe la alúmina desde un 4 á un 14 por 100.

VARIEDADES.—Se conocen las variedades siguientes: Primera: cristalizada en prismas romboidales oblicuos biselados, ó en masas fibroso-radiadas; 2.ª la nefrita, jade oriental ó placa sonora, cuya variedad se presenta compacta, de color gris ó verdoso agrisado, lustre craso y con traslucencia parecida á la de la cera; la nefrita es tambien muy tenaz y sonora, raya al vidrio y se funde en un esmalte blanco.

YACIMIENTO.—Los ejemplares cristalizados se hallan diseminados en la dolomia del valle de Tremola (San Gotardo), de donde se origina el nombre de tremolita; las variedades fibrosas se encuentran en las calizas, dolomias y pizarras talcosas del Campo Longo (San Gotardo), Pirineos, Sajonia, Bohemia, Escocia y América. En España está diseminada en las dolomias de la Sierra de Granada; Naranjo la encontró en Sierra Blanca, término de Marbella. Se ignora el verdadero yacimiento del jade ó piedra nefrítica.

USOS.—Se talla el jade como objeto de adorno: los chinos lo emplean como una especie de amuleto, y le denominan *iu;* los antiguos suponian que tenia la propiedad de curar algunas enfermedades, especialmente el cólico de riñones ó nefrítico. En la América del Sur le usaban los salvajes para la fabricacion de hachas y otras armas.

2.ª *sub-especie.* — ACTINOTA Ó ANFIBOL VERDE — SILICATO DE CAL, MAGNESIA Y ÓXIDO FERROSO

CARACTÉRES. — La actinota ó actinolita (de *axtis*, radio ó radiado, *litos*, piedra), se presenta en cristales bacilares muy alargados, ó bien fibroso-radiada y acicular; lustre vítreo; color, por lo general, verde, habiendo ejemplares de un verde oscuro ó negruzco; raya con mucha dificultad al vidrio, y su peso específico es de 3. Se funde al soplete en un esmalte verde.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	55,50
Magnesia.	22,56
Cal.	13,46
Oxido ferroso.	6,25
	97,77

VARIEDADES.—Rara vez cristalizada en prismas bien terminados; las variedades mas comunes son las masas bacilares ó aciculares y fibroso-radiadas.

YACIMIENTO.—Los ejemplares cristalizados se halla[n] en los talcos del Tirol; las fibrosas, radiadas y aciculares [en] diferentes puntos de los Alpes, asociadas casi siempre á

serpentinas y dioritas. La actinota entra en la constitucion de algunos pórfidos verdes, de las dioritas y ofitos. En España, segun el señor Naranjo, existe esta especie en tierra de Gador (Almería).

3.ª *sub-especie.* – HORNBLENDA Ó ANFIBOL NEGRO —SILICATO DE CAL, MAGNESIA, ÓXIDO FERROSO Y ALÚMINA EN CANTIDAD VARIABLE—Fórmula química $CaO, SiO^2 + (MgO, FeO)^3 (SiO^2)^2$

CARACTÉRES.—El anfíbol negro cristaliza en un prisma de seis caras correspondiente al quinto sistema; pero, por lo comun, se presenta en masas hojosas exfoliables y brillantes en los planos de crucero; color negro intenso, verde oscuro ó negruzco; raya á la fosforita y se deja rayar por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 3,1 á 3,4. Se funde al soplete y las variedades que contienen bastante cantidad de óxido ferroso se disuelven en parte en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

	Hornblenda de la Somma	Pargasita
Sílice.	39,92	51,75
Alúmina.	14,10	10,93
Oxido férrico. . .	6,00	»
Idem ferroso. . .	11,03	3,97
Magnesia.. . . .	10,72	18,97
Cal..	12,62	10,04
	94,39	95,66

VARIEDADES.— Pueden establecerse las siguientes: 1.ª Pargasita, de estructura granuda, color verde oscuro ó verde claro y diseminada en una roca caliza sacaróidea de Pargas (Finlandia), de donde toma el nombre que lleva; 2.ª hornblenda ó anfíbol negro comun, de un verde oscuro, verde negruzco y con mas frecuencia de un negro intenso; existe esta variedad en las rocas cristalinas ó volcánicas en formas aciculares, hojosas ó mas ó menos globoso-radiadas; algunas veces constituye masas considerables, dando orígen á la roca denominada anfibolita. Admiten además algunos mineralogistas las variedades laminares, y las compactas ó piedra córnea, las cuales en realidad no son mas que subvariedades del anfíbol comun; la primera se presenta en masas de color negro, siendo exfoliables en dos sentidos; la segunda ofrece tambien color negro, resistente á la accion del martillo y muy sonora.

YACIMIENTO.—El anfíbol negro entra como elemento esencial de varias rocas graníticas y volcánicas; forma por sí solo, como se ha dicho, la llamada «anfibolita;» unida al cuarzo y feldespato ortosa, constituye la «sienita:» asociada á la albita forma la base de las rocas dioríticas. La variedad pargasita existe en Pargas (Finlandia); el anfíbol comun se encuentra en las traquitas, basaltos y lavas de Tenerife, Etna, Vesubio, etc. En España se halla en la cuesta de las Granatillas y Cabo de Gata (Almería), en los Pirineos de Gerona, Lérida, Huesca y Navarra, y en diferentes localidades de las Sierras de Guadarrama, Sierra Morena y Nevada.

SEGUNDA SECCION—PIROXENOS

(de *pur*, fuego; y *xenos*, huésped)

Los «piroxenos» comprenden minerales isomorfos, constituidos por un silicato de cal ó de magnesia, siendo esta última base sustituida en todo ó en parte por el protóxido de hierro ó el de manganeso. Se distinguen las especies de este grupo, de las del anterior, por los siguientes caractéres: ofrecen casi siempre aspecto vítreo, lustre menos intenso, y menos fusibles. Las variedades mas importantes son: 1.ª Piroxeno diopsido; 2.ª Dialaga; 3.ª Hedembergita; 4.ª Piroxeno aujito; y 5.ª Hiperstena.

PIROXENO DIOPSIDO —SILICATO DE CAL Y DE MAGNESIA.— Fórmula química $CaO,SiO^2 + (MgO)^2 SiO^2$

CARACTERES.—El «piroxeno diopsido,» llamado tambien «musita, malacolita y cocolita blanca,» cristaliza en un prisma de seis caras correspondiente al quinto sistema, constantemente modificado en sus ángulos sólidos y ofreciendo al propio tiempo estrías longitudinales. Los cristales de esta especie son unas veces incoloros y trasparentes, otras blanco-agrisados, gris-verdosos y aun negros; presentan la doble refraccion muy intensa, y las variedades de color son dicroitas en alto grado; rayan á la fosforita y se dejan rayar por el ortosa, estando representado su peso específico por 3,3. Se funden con gran dificultad en un esmalte incoloro.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	57,50
Cal.	16,50
Magnesia.	18,25
Oxido ferroso. . } Id. manganeso.. } . .	6
	98,25

VARIEDADES.—Se cuentan las principales variedades siguientes: 1.ª «Malacolita,» en masas laminares ó en gruesos cristales blancos y comprimidos de delante atrás. 2.ª «Musita,» en prismas bacilares de color gris verdoso; 3.ª «Cocolita,» de estructura granuda y de color verde claro.

YACIMIENTO.—Pertenecen los piroxenos á los terrenos ígneos antiguos, encontrándose en las formaciones plutónicas y en rocas metamórficas. La macolita se halla en Suecia, Finlandia y Estados-Unidos; la musita en Mussa (Piamonte) y la cocolita en los mismos puntos que la malacolita. En España existe el piroxeno en los Pirineos de Gerona, Lérida, Huesca y Navarra.

DIALAGA—SILICATO DE CAL, DE MAGNESIA Y HIERRO— Fórmula química $MgO, SiO^2 + (CaO,FeO)^3 SiO^2$

CARACTÉRES.— La dialaga se presenta en pequeñas masas laminares de color pardo, verdoso, amarillo, agrisado y negruzco; raya á la fluorina, aunque con dificultad, y se deja rayar por la fosforita y una punta de acero, estando representado su peso específico por 3,2. Por medio del soplete se funde en los bordes en una escoria negra.

Sílice.	56,81
Magnesia. . . .	26,67
Oxido ferroso. . .	8,46
Cal.	2,19
Ox. de manganeso. .	0,61
Alumina.	2,06
Agua.	0,21
	100,01

VARIEDADES.—Comprende esta especie las siguientes variedades: 1.ª Broncita, de brillo metálico parecido al del bronce y de color pardo ó amarillo verdoso; se compone de un doble silicato de magnesia y de óxido de hierro. 2.ª La dialaga cambiante (silicato de magnesia, cal y óxido de hierro), tiene un color verde de aceituna, verde negruzco y ver-

de agrisado; se funde al soplete, mientras que la variedad anterior puede considerarse como infusible.

Yacimiento. — Esta especie mineralógica constituye la base de las rocas denominadas «eufotidas,» de la «diorita orbicular ó verde de Córcega,» de la «eglogita» y de las rocas «ofíticas.» La broncita se halla en Carniola y Estiria; la dialaga cambiante ó *schilleerpath* en Córcega, isla de Elba y Monte Rosa. En España tenemos una y otra variedad en las rocas dioríticas y ofiticas de Sierra Bermeja.

3.ª *sub-especie.* — HEDEMBERGITA — SILICATO DE CAL, MAGNESIA Y ÓXIDO FERROSO — Fórmula química $2CaO, SiO^2 + (MgO, FeO)^2 SiO^2$

Caractéres. — Se presenta en cristales análogos á los del piróxeno diopsido, ó bien laminar y de colores muy variados; hay ejemplares verdes, blancos, grises, negruzcos y aun negros; su dureza, por lo comun, es superior á la del espato fluor, y el peso específico de 3,1. La Hedembergita se funde al soplete en un esmalte negro, y contiene mayor cantidad de hierro que la dialaga.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	52,36
Cal	22,19
Magnesia	4,99
Oxido ferroso	17,38
Idem de manganeso	0,09
Alumina	»
	97,01

Variedades. — 1.ª Fassaita, se presenta cristalizada y de color amarillo verdoso. 2.ª Sahalita, en masas laminares de un gris verdoso. 3.ª Berzolita ó piróxeno en roca, de un verde aceitunado. 4.ª Jefersonita, cristalizada ó en masas hojosas, distinguiéndose de todas las variedades anteriores, porque contiene un 10 á un 15 por 100 de óxido de manganeso. Algunos autores incluyen en la especie Hedembergita la variedad cololita y las sub-especies piróxeno aujito é hiperstena.

Yacimiento. — La Hedembergita forma parte de ciertas rocas volcánicas y de los pórfidos negros ó melafidos.

4.ª *sub-especie.* — PIROXENO AUJITO Ó PIROXENO DE LOS VOLCANES — SILICATO DE CAL, MAGNESIA Y PROTÓXIDO DE HIERRO, HABIENDO TAMBIEN CIERTA CANTIDAD DE ALÚMINA. — Fórmula química $2CaO, SiO^2 + (MgO, FeO, CaO)^2 SiO^2$

Caractéres. — Esta especie mineralógica cristaliza en prismas exagonales ú octogonales terminados por un bisel oblicuo (quinto sistema); de color negro, verde oscuro, verde de aceituna, y opaca aun en láminas delgadas; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita, siendo su peso específico de 3,3. Se funde al soplete en esmalte negro y brillante.

COMPOSICION EN PESO

	Aujito del Etna	Idem de la Somma
Sílice	52,	50,27
Cal	13,20	12,30
Oxido férrico	14,66	20,66
Magnesia	10,00	10,45
Alúmina	3·34	3,67
Oxido de manganeso	2,00	0,00
	95,20	97,25

Variedades. — Se conocen dos variedades principales: 1.ª Cristalizada en prismas comunmente hemitropiados. 2.ª En masas laminares de color negro ó pardo oscuro. Algunos autores admiten además la Lerzolita ó piróxeno granudo, de un verde oscuro ó negruzco, la hudsonita y polilita, variedades abundantes de alúmina.

Yacimiento. — El piróxeno aujito forma parte de varias rocas volcánicas, siendo el mineral que comunica el color negro que presentan casi todas ellas; se halla implantado y mas frecuentemente diseminado en las doleritas, pórfidos y basaltos.

5.ª *sub-especie.* — HIPERSTENA — SILICATO DE CAL, MAGNESIA Y ÓXIDO DE HIERRO, predominando casi siempre el primero de estos óxidos.

Fórmula química $2MgO, SiO^2 + (FeO, CaO)^2 SiO^2$

Caractéres. — Se presenta la hiperstena en masas laminares negras ó parduscas y con reflejos cobrizos ó bronceados: raya á la fosforita y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico por 3,4. Se funde al soplete en esmalte negro, que ejerce accion sobre la aguja magnética.

COMPOSICION EN PESO

Hiperstena de San Pablo

Sílice	46,11
Cal	5,38
Magnesia	25,87
Oxido ferroso	12,70
Idem de manganeso	5,29
Alumina	4,07
Agua	0,48
	99,90

Yacimiento. — Constituye la hiperstena, en union con la labradorita, la roca llamada hiperita ó selagita que se encuentra en la isla de San Pablo y en las costas del Labrador; se halla tambien en la roca hiperstenita en el Canadá (Estados Unidos), en Noruega, Sajonia, etc.

APÉNDICE Á LOS ANFÍBOLES Y PIRÓXENOS

ASBESTO Y AMIANTO

Sustancias mineralógicas que derivan de los piróxenos y anfíboles descritos, especialmente de la tremolita ó anfibol blanco, por lo cual no solo ofrecen caractéres físicos análogos á los de estas especies, sino idéntica composicion química.

El asbesto se presenta de color gris ó gris verdoso y blanco amarillento, flexible, tenaz ó mas ó menos resistente, y de estructura fibrosa ó acicular, siendo en este caso un verdadero tránsito al amianto.

Este consta de fibras muy finas y separadas, de lustre sedoso intenso y de un blanco puro en muchos ejemplares, siendo su densidad relativa inferior á la del agua destilada. En realidad no hay una diferencia notable entre estas dos sustancias, distinguiéndose únicamente en que las fibras del asbesto están mas unidas y ofrecen mayor aspereza que las del amianto. Si las fibras se entrecruzan en diversos sentidos, dando orígen á una especie de fieltro ó tejido, resulta la sustancia denominada cuero, corcho, papel ó carton de montaña. Los tres minerales indicados son incombustibles á las temperaturas ordinarias, pero se funden por medio del

soplete y se convierten en un vidrio que presenta colores diferentes segun las variedades que se sujetan al ensayo.

YACIMIENTO.—Se encuentran generalmente el asbesto y amianto en las rocas graníticas, magnésicas, serpentínicas, pizarras talcosas y cloríticas. Son bastante abundantes en los Alpes y Pirineos, y los mejores ejemplares proceden de Tarento, Córcega, Piamonte, San Gotardo, Tirol y el Brasil. El asbesto y amianto se hallan en España en las rocas ofíticas y dioríticas de Sierra Bermeja (Málaga), Sierra de Guadarrama, Galicia y otros puntos.

USOS.—Estas sustancias eran conocidas de los mineralogistas antiguos, que las designaron con los nombres de «amianto», que quiere decir sustancia pura, y el de «asbesto», esto es, inextinguible. Se servian de ellas para la construccion de sudarios con los que se envolvian los cadáveres, para que de este modo no se confundieran sus cenizas con las de la pira en que los quemaban; fabricaban, además, mantelerías de gran lujo, las cuales despues de manchadas con grasa las echaban al fuego con el objeto de limpiarlas. Hoy dia se destinan para la construccion de vestidos para los operarios de los incendios; pero desgraciadamente se ha visto que estas prendas ofrecen varios inconvenientes, por lo que no se han generalizado. Los antiguos tenian varias preocupaciones respecto de estos minerales; el célebre Plinio consideraba al amianto como un producto vegetal *(linum purum)*, y creia que si se rodeaba con hilos de amianto un árbol cualquiera, podia muy bien derribarse á hachazos sin que se percibiera el menor ruido.

FAMILIA—MICAS

Los minerales incluidos en esta familia presentan los caractéres siguientes: cristalizan en prismas exagonales ó romboidales rectos, siendo su estructura esencialmente hojosa ó laminar; su lustre es metaloideo algo untuoso al tacto; dureza casi siempre superior á la del yeso é inferior á la de la caliza, y la densidad relativa variable. Todas las especies de este grupo están constituidas por un silicato de alumina combinado con otro silicato alcalino-férrico ó de cal ó magnesia, entrando en algunas cierta cantidad de agua y de ácido fluórico. Los minerales mas importantes comprendidos en esta familia son los siguientes: 1.° mica; 2.° otrelita; 3.° Sismondina; 4.° margarita, y 5.° leucofana.

MICA Ó VIDRIO DE VOLCANES—SILICATO DOBLE DE ALUMINA Y BASES VARIABLES

CARACTÉRES. — La mica, llamada tambien, como se ha indicado, vidrio de volcanes, plata y oro de gato, rara vez se presenta cristalizada en prismas rebajados de seis caras, pertenecientes al tercer sistema; por lo general se halla en hojas ó láminas elásticas y eminentemente exfoliables, de lustre metaloideo brillante, de donde toma el nombre de mica (del verbo latino *micare*, brillar). Los colores de esta sustancia son muy variados; negro, blanco, amarillo, verde, rojizo, etc., siendo, sin embargo, los mas comunes el negro, blanco de plata y agrisado; la mica raya al yeso y se deja rayar por la caliza, es suave al tacto y su peso específico está representado por 2,7. La mayor parte de las variedades de mica se funden al soplete, pero producen, no obstante, fenómenos muy distintos; v. gr. los individuos en cuya composicion entra el ácido fluórico pierden totalmente su brillo metaloideo, y se convierten en opacos por la accion del fuego; los que no contienen el referido ácido, pierden su trasparencia y adquieren un lustre dorado, plateado ó semimetálico. La generalidad de las micas se funden en esmalte blanco, gris ó verde, ejerciendo accion sobre la aguja magnética el que resulta de las variedades negras; finalmente, si se las trata por el borato sódico ofrecen tambien caractéres diferentes: unas se disuelven ó se funden sin efervescencia, mientras que otras la producen con bastante intensidad.

Todos estos caractéres y otros varios manifiestan que la composicion de las diversas variedades de esta especie es muy distinta. Teniendo en cuenta los análisis que se han hecho por diferentes autores, resulta que la mica puede dividirse en tres secciones principales, á saber: 1.ª micas potásicas; 2.ª micas magnésicas; 3.ª micas litínicas.

COMPOSICION EN PESO

	Mica plateada de Zinnwald (Vauquelin)	Id. verde del Vesubio (Kjerutt)	Lep.ª de Rosena (Regnauld)
Silice	46,4	44,63	52,40
Alumina	18,5	19,04	26,80
Oxido férrico	20,0	4,92	»
Potasa	11,0	6,97	9,14
Sosa	»	2,05	»
Magnesia	»	20,89	»
Litina	»	»	4,85
Fluor	»	»	4,18
Prot. de manganeso	2,4	»	1,66
	98,3	98,50	99,03

El célebre Biot, estudiando detenidamente las micas, observó que no se distinguen solo por su diferente composicion, sino por los caractéres ópticos, dividiéndolas en consecuencia en dos grupos, que llamó: 1.° micas de un eje de doble refraccion; 2.° micas de dos ejes de doble refraccion. Las primeras ofrecen formas derivadas del sistema romboédrico; las segundas cristalizan en formas pertenecientes al sistema romboidal recto ó sistema romboidal oblicuo. Las de un eje de doble refraccion se subdividen, segun el citado autor, en micas de eje atractivo y en micas de eje repulsivo; estas últimas, que son las mas frecuentes, ofrecen colores negros, verdes, rojos, etc., y pertenecen á la seccion de las denominadas magnésicas, mientras que corresponden á las potásicas y litínicas aquellas otras que presentan dos ejes de doble refraccion.

VARIEDADES DE FORMA Y ESTRUCTURA. — 1.ª Cristaliza en prismas romboidales oblicuos ó láminas exagonales. 2.ª Hemisférica, constituida de láminas ó de hojas cóncavas por una de sus caras y convexas por la otra. 3.ª Palmeada, compuesta de láminas, que presentan nervaciones análogas á las de las hojas de las plantas. 4.ª Lepidolita, formada de escamas ó pequeñas láminas unidas entre sí, de lustre nacarado ó de perla y color rojo morado ó rosa claro que pasa al blanco ó agrisado, y en ciertos ejemplares al amarillo verdoso. Algunos autores admiten tambien variedades basadas en la coloracion; v. gr. mica negra, argentina, bronceada, verde, amarilla, etc.

YACIMIENTO. — Si se exceptúan los feldespatos y el cuarzo, puede decirse que la mica es el mineral mas abundante en la corteza terrestre. Forma parte de los granitos comunes, de la sienita, del gneis, y de muchas pizarras; se encuentra en grande cantidad en los terrenos neptúnicos, especialmente en los de acarreo, procedente de la descomposicion de las rocas ígneas y metamórficas.

USOS.—Los ejemplares laminares y de tamaño algo considerable, como los que se encuentran en Siberia, se emplean para vidrieras en las ventanas de las casas y buques; la variedad denominada *lepidolita* se destina para polvos de sal-

vadera; pero la aplicacion mas importante de este mineral es como abono ó mejoramiento de ciertas tierras á las que ceden, mediante su descomposicion, la sílice y los álcalis potasa, sosa, magnesia, etc.

OTRELITA — SILICATO DE ALUMINA, DE HIERRO Y AUN DE MANGANESO — Fórmula química $2Al^2O^3$, $SiO^2+(FeO, MnO)^3 (SiO^2)^2 + 2HO$

CARACTÉRES. — La otrelita se presenta en pequeñas placas ó discos exagonales, pertenecientes al cuarto sistema, de fractura desigual, color negro ó negro verdoso y lustre metaloide; raya á la fosforita y se deja rayar por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 4,4. Se funde difícilmente en los bordes en un glóbulo negro que ejerce accion sobre la aguja magnética; reducida á polvo se disuelve en el ácido sulfúrico mediante la elevacion de temperatura.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	43,34
Alumina.	24,63
Oxido ferroso.	16,72
— de manganeso. . . .	8,18
Agua.	5,66
	98,53

YACIMIENTO. — Esta especie, rara y de escaso interés geognóstico, se encontró por primera vez en las pizarras de Ottrez (Luxemburgo), habiendo sido descubierta posteriormente por Descloiseaux en el valle de Ossau (Bajos Pirineos).

SISMONDINA—SILICATO DE HIERRO É HIDRATO DE ALUMINA—Fórmula química $(FeO)^3 (SiO^2)^2+Al^2O^3$, HO.

CARACTERES—La Sismondina (dedicada al profesor Sismonda de Turin) se presenta en masas laminares exfoliables en tres direcciones que conducen al prisma romboidal oblicuo; su color es verde negruzco ó agrisado, lustre resinoso y traslúcida ó semitrasparente; raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa, siendo su peso específico de 3,05; infusible al soplete, pero adquiere cierto pulimento; reducida á polvo se disuelve en el ácido nítrico é hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	24,10
Alumina.	40,71
Oxido ferroso.	27,10
Agua.	7'25
Titano.	indicios.
	99,16

YACIMIENTO —Se encuentra la Sismondina en una pizarra clorítica de San Marcial (Piamonte).

MARGARITA Ó MICA NACARADA — SILICATO DE ALUMINA Y SILICATO DE CAL Y ÓXIDO FERROSO, MAS AGUA —Fórmula química $(Al^2O^3)^2+SiO^2+(CaO, FeO)^2 SiO^2$

CARACTÉRES.—La margarita, así denominada por su lustre nacarado, cristaliza en prismas exagonales del sistema romboédrico, que se exfolia con facilidad en direccion paralela á la base; color gris de perla ó blanco de plata y lustre nacarado especial; raya á la caliza y se deja rayar por el espato fluor, siendo su peso específico 3. Se funde y se exfolia por medio del soplete.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	37,00
Alumina.	40,50
Cal.	8,96
Sosa..	1,24
Oxido ferroso.. . .	4,50
Agua.	1,00
	93,20

YACIMIENTO.—Se halla la margarita en una pizarra clorítica del Tirol; la variedad que algunos llaman *nacrita* ó *talco granudo*. existe en San Gotardo y otros puntos de los Alpes, y tambien en las cercanías de Bareges (Pirineos).

LEUCOFANA—SILICATO DE CAL Y DE GLUCINA UNIDO Á UN FLUORURO DE SODIO—Fórmula química $2(CaO)^2SiO^2 +Gl^2O^3$, $(SiO^2)^2+NaFl$.

CARACTÉRES.—La leucofana (de *leucos*, blanco, y *faino*, yo brillo) se presenta en láminas delgadas y trasparentes; color verde amarillento ó amarillo claro cuando está en masas, siendo incolora en láminas delgadas; raya á la caliza y se deja rayar por la fosforita, siendo su peso específico 2,9. Este mineral es fusible por sí solo en un glóbulo trasparente y con una ligera tinta morada.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	47,82
Glucina..	11,51
Cal.	25,00
Oxido de manganeso. .	1,01
Potasio..	0,26
Sodio.	7,50
Fluor.	6,17
	99,27

YACIMIENTO.—Existe esta especie en la sienita circonífera de Lamoe (Noruega), en donde está asociada á la albita, eleolita é itrotantalita.

FAMILIA—TALCOSAS

Las especies mineralógicas incluidas en esta familia presentan los siguientes caractéres: untuosas al tacto, tan blandas, que algunas se dejan rayar por la uña; infusibles al soplete, dando agua por la elevacion de la temperatura; están constituidas por un silicato de magnesia hidratado. Los minerales mas importantes son: 1.° talco; 2.° esteatita; 3.° serpentina; 4.° magnesita.

TALCO—SILICATO DE MAGNESIA HIDRATADO—Fórmula química $(MgO)^6,(SiO^2)^3+HO$

CARACTERES.—El talco se presenta laminar, escamoso y fibroso, pero jamás cristalizado, aun cuando las láminas se dividan en algunos casos en rombos de 120°; el color de este mineral es el blanco sucio, gris verdoso, y amarillento; lustre craso y nacarado, suave y grasiento al tacto, flexible, pero nunca elástico, por cuyo carácter se separa de la mica que es elástica. El talco es el mineral mas blando de todos los que se conocen, constituyendo por esta razon el primer

tipo de la escala relativa de Mohs, estando representado su peso específico por 2,6. Se funde con muchísima dificultad en los bordes, y desprende agua en el tubo de ensayo mediante la accion del calor: insoluble en los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	62,8
Magnesia	32,4
Oxido ferroso	1,6
Agua	2,3
	99,1

VARIEDADES.—Pueden establecerse las siguientes: 1.ª Talco laminar ú hojoso, de color blanco ó verde claro y divisible en laminillas muy flexibles. 2.ª Talco laminar ó escamoso, compuesto de escamas pequeñas, flexibles, blancas, amarillas ó sonrosadas. 3.ª Talco fibroso, formado de fibras largas y ligeramente unidas. 4.ª Talco terroso, en masas térreas de un gris blanquizco. 5.ª Piedra ó talco ollar, variedad que se halla algunas veces en masas considerables de color gris verdoso, pero reducida á polvo le presenta blanco.

YACIMIENTO.—El talco forma en union con el cuarzo y la ortosa, la roca denominada protogina; entra tambien en la constitucion de varias rocas metamórficas. Las variedades laminares y fibrosas proceden del Tirol, Alpes, San Gotardo, etc. La piedra ollar es muy abundante en el lago de Como, Sajonia, Córcega, Egipto y China. En España existe el talco en los Pirineos, Sierra de Guadalajara, Peña Prieta (Santander), en toda la cordillera de Sierra Nevada, en varios sitios de la provincia de Cáceres.

USOS.—La piedra ollar, que es muy abundante en Suiza, Tirol, Egipto, China, etc., se emplea para la fabricacion de ollas, tazas, cafeteras y otros utensilios de cocina; los egipcios llaman al talco ollar *piedra de Baram.*

ESTEATITA Ó JABON DE SASTRE — SILICATO DE MAGNESIA CON MAS CANTIDAD DE AGUA QUE LA ESPECIE ANTERIOR—Fórmula química $(MgO)^4(SiO^2)^3 + HO$

CARACTERES.—Este mineral ofrece estructura compacta ó escamosa, color blanco puro ó blanco agrisado, muy suave y grasiento al tacto, tan blando como el talco, se deja cortar con el cuchillo como si fuera una sustancia jabonosa, y se raya con mucha facilidad por la uña; su peso específico está representado por 2,6 á 2,8.

Algunos autores dividen la esteatita en dos sub-especies: 1.ª esteatita anhidra; 2.ª esteatita hidratada. La primera no tiene importancia de ningun género bajo el punto de vista geognóstico; la segunda ofrece color blanco de leche, lustre nacarado, estructura pizarrosa y compuesta de hojas contorneadas y gráficas, pudiendo separarse en otras mas pequeñas. Esta sub-especie ofrece la particularidad de exfoliarse por medio del soplete, y se trasforma en una sustancia blanca que pierde su crasitud, fundiéndose al propio tiempo en los bordes; colocada en un tubo de ensayo desprende agua por la accion del calor.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	62,25
Magnesia	27,25
Oxido ferroso	1
Agua	6,00
	96,50

VARIEDADES.—1.ª Esteatita seudo-mórfica, que reemplaza al cristal de roca, feldespato ortosa, granates, idocrasa y anfibol; color blanco mas ó menos agrisado ó con matices verdosos, rojizos, amarillentos y sonrosados. 2.ª Escamosa ó creta de Brianzon, variedad que se emplea generalmente como cuerpo gráfico. 3.ª Pagodita, de pasta fina, muy blanda y de color blanco agrisado, pardo, amarillo ó rojizo. Algunos autores forman con esta variedad una especie distinta de la esteatita. La verdadera pagodita consta de silicato de alumina, mas silicato de potasa y cierta cantidad de agua.

YACIMIENTO.—Se halla asociada, por lo general, á las pizarras micáceas y talcosas, abundando en los Alpes suizos, Saboya, Tirol, Baviera, China, Brianzon (Francia), Sajonia, etc. En España existe en el término de Hellin (Albacete).

USOS.—Se emplea la esteatita como cuerpo gráfico para facilitar la entrada del calzado y los guantes, y disminuir el rozamiento de las máquinas; entra en la confeccion de varios cosméticos, especialmente la de Brianzon: con la variedad pagodita construyen los chinos multitud de figuras y otros objetos raros y caprichosos; por último, algunos pueblos salvajes la usan como una especie de alimento, de donde toman el nombre de *geófagos.*

SERPENTINA Ú OFITA—SILICATO DE MAGNESIA HIDRATADO, con mas cantidad de agua que las especies anteriores—Fór. quím. $(2MgO, SiO^2 + HO) + 2 MgO, HO$

CARACTERES.—La serpentina ú ofita, llamada tambien *fiolita* y *gabro* por los italianos, se presenta en masas mas ó menos considerables, de estructura compacta ó astillosa; color, muy variable, verde oscuro, verde claro, gris verdoso y hasta negro con manchas ó puntos rojizos; lustre craso, suave al tacto, pero sin ofrecer la impresion jabonosa que el talco y la esteatita; raya al yeso y se deja rayar por la caliza, siendo no obstante, muy tenaz; su peso específico está representado por 2,4. Por medio de la accion del fuego desprende el agua que contiene y adquiere cierta dureza; se funde al soplete, aunque con dificultad, en los bordes, y se disuelve en los ácidos sin producir efervescencia.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	42,67
Magnesia	37,16
Oxido ferroso	2
Agua	13
	94,83

VARIEDADES.—1.ª Serpentina noble, de color verde claro uniforme y bastante intenso, cuya coloracion se atribuye á una pequeña cantidad de óxido de cromo: la fractura de esta variedad es terrosa, siendo al propio tiempo traslucíente en los cortes. 2.ª Serpentina comun, de un verde oscuro con manchas ó venas que imitan algun tanto el color de la piel de ciertas serpientes. Varios mineralogistas estudian la piedra ollar en esta especie.

YACIMIENTO.—La serpentina se halla generalmente en grandes masas formando montañas de forma cónica ó redondeada; se encuentra además en filones que han atravesado capas de diferentes terrenos neptúnicos. La variedad noble procede esencialmente del Egipto y de Córcega. En España existe tambien la noble y la comun en las sierras Blanca, Bermeja y Mijar (Málaga), en el barranco de San Juan, término de Huejar, en Sierra Nevada, cuyos ejemplares se denominan por algunos mármoles verdes de Granada;

existe tambien en el Cabo Ortegal (Galicia), en donde la llaman duelo ó piedra de murcio (1).

USOS.—Se emplean las variedades de serpentina noble y comun para tableros de mesa, retablos, columnas, cornisas, etc.; las columnas del altar mayor y laterales de las Salesas de Madrid y las de la catedral de Granada proceden de la serpentina de Sierra Nevada; en la célebre catedral de Florencia se ha empleado la serpentina con profusion.

MAGNESITA Ó ESPUMA DE MAR—SILICATO DE MAGNESIA HIDRATADO.—Fórmula química MgO, $SiO^2 + 2HO$

CARACTÉRES.—Esta sustancia, conocida tambien con los nombres de piedra ó tierra de pipas, piedra loca, etc., se encuentra en masas de estructura compacta, concrecionada, térrea y aun porosa; color blanco, blanco agrisado, gris ó sonrosado y el lustre mate, suave al tacto alguna de sus variedades; raya al yeso y se deja rayar por la caliza; algo tenaz y se adhiere á la lengua con bastante intensidad; su peso específico está representado por 2,6; al soplete funde, aunque con dificultad, en los bordes; absorbe agua con rapidez y se disuelve en el ácido sulfúrico, desprendiendo algunos ejemplares ácido carbónico, por lo que Haüy consideraba á esta especie como un carbonato de magnesia silicífero; si se evapora la disolucion sulfúrica, se obtienen cristales de sulfato de magnesia.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	53,80
Magnesia.	23,80
Alúmina.	1,20
Agua.	20,00
	98,80

Comparando esta composicion con las indicadas en las especies talco, esteatita y serpentina, se ve que todas ellas constan de iguales elementos y que solo se diferencian en la distinta proporcion, sobre todo en la mayor ó menor cantidad de agua.

YACIMIENTO.—La magnesia corresponde á los terrenos de sedimento secundarios ó terciarios. Uno de los criaderos mas importantes de esta sustancia se halla en la Anatolia y Crimea. En España la tenemos en los términos de Vicálbaro y Vallecas (Madrid), Cabañas de la Sagra y Cabañas de Yepes (Toledo), relacionada con el pedernal y moleña.

USOS.—Se destina la magnesita para la construccion de hornillos y pipas de fumar, siendo desde luego las mejores y mas apreciadas las que se fabrican con la magnesita ó espuma de mar que procede de Asia.

FAMILIA—TALCOIDEAS

Los minerales incluidos en esta familia son blandos, suaves y mas ó menos untuosos al tacto, de estructura escamosa, laminar ó compacta; se presentan algunas veces cristalizados en prismas exagonales, siendo su composicion química algun tanto análoga á la de las micas; por lo general se disuelven en los ácidos y son tambien mas ó menos fusibles. Los minerales de este grupo son muy afines al talco, esteatita y demás sustancias comprendidas en la familia de las talcosas, hasta el punto que muchos de ellos han estado y aun están confundidos en las especies del primer grupo. Entre los cuerpos mas importantes pertenecientes á las talcoideas, pueden citarse la clorita, pennina, pirofilita, Cronstedtita, pinita, falunita y pagodita.

CLORITA—SILICATO DE ALUMINA COMBINADO CON UN SILICATO DE MAGNESIA Y DE ÓXIDO FERROSO HIDRATADO—Fórmula química $Al^2\,O^3, SiO^2 + (MgO,FeO)\ SiO^2 + 4HO$

CARACTÉRES.—Puede dividirse la clorita en dos subespecies, á saber: ripidolita y clorita escamosa: la primera se presenta comunmente en tablas delgadas ó láminas exagonales regulares y biseladas en las aristas básicas, pertenecientes al tercer sistema; su color es el verde de puerro ó verde amarillo claro; lustre vítreo-anacarado; raya al talco y se deja rayar por la caliza; siendo su peso específico de 2,67 á 2,78. Se exfolia mediante la accion del calor, y por medio del soplete. Se funde, aunque con dificultad, en un esmalte gris; se disuelve lentamente en el ácido hidroclórico hirviendo.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de Berthier

Sílice.	26,80
Alúmina.	16,60
Magnesia.	14,30
Oxido ferroso.	23,50
Potasa.	2,70
Agua.	11,40
	98,30

VARIEDADES.—Cristalizada en láminas que Haüy tomó por ejemplares de talco cristalizado; estas láminas están sobrepuestas unas á otras y dispuestas de tal modo que imitan la colocacion de las varillas de un abanico, de donde toma el nombre de ripidolita (*ripidion*, abanico pequeño).

La segunda subespecie, ó sea la clorita escamosa ó clorita propiamente dicha, se presenta en escamas que constituyen por su reunion masas de aspecto terroso; ofrece la clorita un color verde oscuro y está casi siempre asociada al cuarzo hialino ó cristal de roca, introduciéndose algunas veces en su interior. Los caractéres químicos y la composicion son idénticos á los de la ripidolita.

YACIMIENTO.—La clorita sustituye á la mica ó al talco en ciertas rocas que ofrecen una estructura esencialmente laminar, tales como las pizarras micáceas y talcosas, por lo que en geología se las denomina pizarras cloríticas; la clorita suele presentarse algunas veces de estructura y grano fino y de aspecto terroso, constituyendo las llamadas tierras verdes de algunos mineralogistas.

PENNINA—SILICATO DE ALUMINA UNIDO Á UN SILICATO DE MAGNESIA Y DE HIERRO HIDRATADO—Fórmula química $Al^2O^3\ SiO^2 + (MgO,FeO)\ SiO^2 + 4HO$

CARACTERES.—Esta especie mineralógica llamada hidrotalo por Necker, tiene por forma primitiva un romboedro agudo de 63° 15′, perteneciente al cuarto sistema; color verde negruzco en las caras del romboedro, y verde de esmeralda en las de crucero, siendo dicroitas las láminas y los

---

(1) El distinguido geólogo Macpherson, de Cádiz, ha publicado hace poco en los Anales de la seccion española de Historia Natural, una interesantísima Memoria sobre la serpentina de Ronda, el criadero mas importante quizás entre los conocidos, no solo por su extension que iguala á Montblanc, sino por los singulares tránsitos que ofrece del peridoto, verdadera matriz, á la serpentina: bonitos cromos sacados de preparaciones microscópicas ilustran este interesantísimo estudio.

cristales; si se observa este mineral en direccion paralela al eje principal ofrece una coloracion verde intensa, y rojo de jacinto ó pardo en sentido perpendicular á este mismo eje: raya al yeso y se deja rayar por el espato fluor, estando representado su peso específico por 2,65. Por la accion del fuego y de los ácidos presenta los mismos fenómenos que la clorita.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	33,07
Alúmina	9,69
Oxido ferroso	11,36
Magnesia	32,34
Agua	12,58
	99,04

YACIMIENTO.—Se halla la pennina en el valle de Zermatt (Monte Rosa) y en el de Ala (Piamonte); la variedad denominada por algunos mineralogistas koemmererita se encuentra en los montes Urales y en los Estados-Unidos.

PIROFILITA—SILICATO HIDRATADO DE ALUMINA Y MAGNESIA.—Fórmula química $Al^2O^3, SiO^2 + MgO^2,SiO^2 + HO$

CARACTERES.—La pirofilita (de *pur*, fuego, *fulon*, hoja, por la particularidad que tiene de exfoliarse á la llama de una bujía), se presenta generalmente en forma de rosetas constituidas por fibras radiadas y alargadas, de color verde agrisado ó blanco y amarillento, y lustre nacarado, por cuyos dos últimos caractéres ha estado confundida con el talco blanco del Tirol. La pirofilita es un mineral suave al tacto, blando como el talco y de un peso específico representado por 2,7. Si una lámina delgada de este cuerpo se somete á la llama de una bujía, se exfolia, hincha y trasforma en un hacecillo compuesto de filamentos delgados y de lustre sedoso; mediante el soplete fosforece produciendo una luz blanca, adhiriéndose los filamentos por sus extremos.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	59,79
Alúmina	29,46
Magnesia	4,00
Oxido ferroso	1,80
Agua	5,62
Plata	indicios
	100,67

YACIMIENTO.—Esta especie se cita únicamente en Berezoff (Siberia), Westana (Suecia), Spa (Bélgica) y en la Carolina del Sur.

Las especies Cronstedtita, pinita, falunita y pagodita son sustancias que ofrecen caractéres muy análogos á los de las anteriores, por cuya razon no trazamos su descripcion; la primera es un silicato de óxido férrico combinado con un silicato ferroso; la pinita es un silicato de alumina unido á otro silicato de potasa y de hierro y algo de agua; la falunita es un silicato de alumina combinado con un silicato de potasa, magnesia, óxido de hierro y 10 á 12 por 100 de agua; por último, la pagodita se halla formada de un silicato de alumina, mas silicato de potasa y 5 por 100 de agua, siendo notable que presentando esta última especie una composicion química tan distinta de la esteatita, ofrezca, sin embargo, caractéres tan semejantes á los de este mineral.

FAMILIA—TERROSAS

Los minerales comprendidos en esta familia tienen de comun los caractéres siguientes: son blandos y por medio de la insuflacion exhalan olor arcilloso característico; se funden con dificultad al soplete y se disuelven algunos en los ácidos. En realidad, estos minerales carecen de importancia bajo el punto de vista mineralógico, pero tienen gran interés en la geología é industria. Varios mineralogistas, y entre ellos Leymerie, dividen esta familia en tres secciones: 1.ª tierras arcillosas; 2.ª tierras de pipas (descrita ya con la denominacion de magnesia); 3.ª tierras verdes.

PRIMERA SECCION—TIERRAS ARCILLOSAS Ó ARCILLAS PROPIAMENTE DICHAS

(Silicatos de alúmina hidratados, mezclados comunmente con carbonato de cal y óxido férrico hidratado)

CARACTÉRES GENERALES. — Los minerales de esta seccion tienen estructura mas ó menos terrosa; su color es el blanco ó el agrisado cuando están puros; muy blandos, suaves al tacto, se adhieren á la lengua y despiden por medio de la insuflacion un olor especial, análogo al de la tierra mojada. Adquieren dureza por la accion del fuego, forman pasta impermeable con el agua, y se disuelven en el ácido sulfúrico. Su composicion química es variable, siendo sus principios mas importantes la sílice, alumina y agua. Se dividen las arcillas en tres grupos: 1.° arcillas esmécticas; 2.° plásticas; 3.° mixtas, á los cuales pueden agregarse las arcillas refractarias y el kaolin.

PRIMER GRUPO—*Arcilla esméctica*

CARACTÉRES.—Esta sustancia, que se designa además con los nombres de arcilla de batanero y tierra de Segovia, se presenta térrea, homogénea, blanda, de color claro, suave al tacto y algun tanto crasa; se adhiere á la lengua, y por medio de la insuflacion desprende olor de tierra mojada; su peso específico es de 2,5. Se funde al soplete en esmalte gris verdoso, y se disuelve en los ácidos. Contiene casi doble cantidad de agua que las demás arcillas.

COMPOSICION EN PESO

Análisis efectuado por Bergmann

Sílice	50,80
Alúmina	23,00
Oxido de hierro	0,70
Magnesia	0,20
Cal	2,30
Agua	24,50
	101,50

YACIMIENTO.—Se encuentra esencialmente la arcilla esméctica en los terrenos de sedimento secundarios y terciarios, donde alterna con capas de caliza y otros minerales. En muchos puntos están situadas debajo de las arenas y areniscas, impidiendo de esta manera la filtracion de las aguas subterráneas. En España tenemos arcilla esméctica en Almería, Granada, Alcoy, Manresa, Almuradiel (Ciudad Real), Carlitos (Badajoz), Segovia y otros puntos.

USOS.—Teniendo en cuenta la propiedad que ofrece esta arcilla de absorber los aceites ó sustancias grasas, se emplea para quitar las manchas de la ropa y desengrasar las telas.

SEGUNDO GRUPO—*Arcilla plástica, arcilla comun ó de alfareros*

CARACTERES.—Esta arcilla tiene estructura térrea; de color blanco amarillento cuando es pura, pero comunmente ofrece diferentes coloraciones debidas á los óxidos de hierro, de manganeso, etc. Se adhiere con bastante intensidad á la lengua, siendo suave al tacto. Se funde con mucha dificultad al soplete y forma pasta con el agua, siendo susceptible de adquirir toda clase de formas, de cuyo carácter toma el nombre de arcilla plástica (*plasto*, yo formo).

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	51,84
Alumina.	26,10
Oxido de hierro. . . .	4,91
Cal.	2,25
Magnesia.	0,23
Agua.	14,58
	99,91

YACIMIENTO.—Se hallan las arcillas plásticas en todos los terrenos neptúnicos, unas veces aisladas y otras alternando con capas de caliza, areniscas, etc.; abundan esencialmente en los terciarios y secundarios. En España abunda en diferentes localidades de las provincias de Segovia, Zamora, Murcia, Málaga, Valencia, Cáceres, etc.

USOS.—Se emplea en la construccion de tejas, ladrillos, vasijas de alfarería, alcarrazas, mejoramiento de tierras ligeras, etc.

TERCER GRUPO—*Arcillas mixtas*

Están formadas por la mezcla de las dos arcillas descritas anteriormente. Comprenden diferentes variedades, siendo las mas esenciales las siguientes: 1.ª greda; 2.ª margas; 3.ª légamos; 4.ª ocres. La greda es una arcilla mezclada con arena, óxido de hierro y cal, de tacto áspero, permeable, adquiriendo bastante consistencia por medio del agua. Las margas no son mas que mezclas de carbonato de cal y de arcilla, cuya descripcion se hizo al hablar de la *sub-especie caliza*. El légamo está formado de una mezcla de arcilla, caliza, arena y materias ferruginosas, con grande cantidad de agua. Los ocres son arcillas mezcladas con óxidos de hierro, cuyo estudio y descripcion debe hacerse al hablar de este metal.

KAOLIN Ó TIERRA DE PORCELANA—SILICATO DE ALUMINA HIDRATADO

CARACTÉRES.—El kaolin, que como sabemos procede casi siempre de la descomposicion de las rocas pegmatita, protogina, y granitos comunes, presenta los caractéres siguientes: color blanco sonrosado ó amarillo; blando y quebradizo, áspero mas bien que suave al tacto, se adhiere algo á la lengua y los labios, se deslie en el agua sin formar parte con ella, infusible al soplete, y soluble en parte en los ácidos.

YACIMIENTO.—El kaolin se halla en los terrenos graníticos y volcánicos, relacionado, como se ha dicho, con la pegmatita, protogina y granitos. El célebre kaolin ó tierra de porcelana de la China procede de la montaña de Kæo; el que se emplea en las fábricas de Sevres y Limoges (Francia) se explota en las cercanías del mismo Limoges. En España le tenemos en Galapagar y Valdemorillo (Madrid), Burela (Galicia), Busturia (Bilbao), canal de Cabarrús (Sierra Carpetana) y Sierra Morena, y no léjos de Menas albas, como queda dicho.

USOS.—Se emplea esta sustancia en la fabricacion de porcelana, siendo los centros mas célebres el de Limoges y Sevres (Francia), Meisen (Sajonia) y Liverpool (Inglaterra).

En España son notables la fábrica de Pickman en Sevilla, Sargadelos (Galicia), Busturia (Bilbao), Segovia, etc. La tierra de porcelana de Cabarrús se empleó en las antiguas fábricas de la Moncloa y Retiro de Madrid.

TERCERA SECCION—TIERRAS VERDES

Los minerales de este grupo tienen analogías con los de la familia talcoideas, ofreciendo todos ellos un color verde mas ó menos intenso; se funden al soplete y se disuelven en los ácidos; se componen esencialmente de un silicato de hierro hidratado, alumina, magnesia y óxido de sodio. Comprende dos especies que son: Glauconia y Baldogea ó tierra de Verona.

GLAUCONIA—SILICATO DE HIERRO HIDRATADO con un $^6/_0$ de alumina y pequeñas cantidades de potasa, cal, sosa ó magnesia

CARACTÉRES.—La glauconia (de *glaucos*, verde mar) se presenta generalmente de un color azulado verdoso con puntos ó manchas negras, ó verdes si ofrece una coloracion amarilla ó blanquizca; su estructura es granuda, arenácea ó mas ó menos basta y quebradiza, estando casi siempre mezclada con granos de sílice. Algunos mineralogistas consideran á la glauconia como una clorita mezclada con ciertas rocas, que toman el nombre de cloríticas: tales son entre otras la arenisca clorítica, ó arenisca verde, la creta clorítica y la caliza clorítica, rocas que se encuentran en muchos horizontes del terreno cretáceo.

BALDOGEA Ó TIERRA DE VERONA—SILICATO DE HIERRO HIDRATADO CON ALUMINA, POTASA, SOSA Y MAGNESIA

CARACTÉRES.—La tierra de Verona, denominada tambien talco gráfico, es una sustancia terrosa, blanda y untuosa al tacto: su color es verde claro y verde oscuro por medio de la porfirizacion; fractura térrea, adquiriendo cierto brillo por medio de la raya; su peso específico está representado por 2,9; se funde al soplete en un vidrio algo ampolloso; se disuelve con dificultad en el ácido hidroclórico hirviendo.

COMPOSICION EN PESO

Sílice.	51,25
Alumina.	7,25
Oxido ferroso.	20,72
Potasa.	6,21
Sosa.	2,00
Magnesia.	6,16
Agua.	6,50
	100,09

YACIMIENTO.—La tierra de Verona se halla en las cavidades de los pórfidos melafidos de Monte-Baldo (Verona), de donde ha tomado el nombre de Baldogea: se encuentra tambien en New-Jersey (Estados-Unidos), Chipre y en algunos puntos de Alemania.

USOS.—Se emplea en la pintura.

APLICACIONES GENERALES É IMPORTANTES DE LOS SILICATOS

VIDRIO Y CRISTAL

El nombre de vidrio, en su acepcion mas lata, se da á toda materia dura, frágil, trasparente ó semi-trasparente, dotada de una fractura especial, que recibe el nombre de vítrea. No obstante, se denomina mas especialmente vidrio á los silicatos dobles que producen, mediante la fusion, una materia diáfana, amorfa, inalterable y susceptible de adquirir en caliente y por la insuflacion toda clase de formas.

Los vidrios, por lo general, están constituidos de silicatos dobles de potasa, sosa ó cal. En algunos casos, como v. gr., en los vidrios de botella, los silicatos de base alcalina son sustituidos en parte por silicatos de base metálica fusible. Si el óxido de calcio es reemplazado por el óxido de plomo, resulta la sustancia llamada *cristal*.

Los vidrios incoloros de que generalmente se componen las vidrieras, vasos, copas comunes, etc., están formados de silicatos de potasa, sosa ó cal. Los magníficos vidrios de base de potasa y de cal proceden de Bohemia. La sílice que emplean en esta localidad para fabricar el vidrio, es el cuarzo hialino que se halla en cantos rodados en los campos y en las vertientes ó cañadas.

La potasa y la cal proceden de carbonatos puros ó casi puros, los cuales, sin embargo, contienen una corta cantidad de óxido ferroso que comunica al vidrio una tinta verdosa bastante intensa. Para destruir esta coloracion se agrega á la mezcla un poco de bióxido de manganeso ó manganesa del comercio; en este caso, y en virtud de reacciones químicas, cuya explicacion no es de este lugar (1), el óxido ferroso, que da una tinta verdosa intensa, se trasforma en sesquióxido, resultando una tinta amarilla muy débil. Pero conviene tener presente que debe agregarse el bióxido de manganeso en las proporciones exactamente precisas, porque si se pone este óxido en exceso, el vidrio adquiere un matiz violado. Atendiendo á este uso, es por lo que el sesquióxido de manganeso ha recibido el nombre de «jabon de vidrieros.»

Para fabricar el vidrio de botellas se usan sustancias de poco precio, siendo preferidas las arenas cargadas de arcillas ferruginosas ó de ocre, supuesto que el óxido de hierro que llevan en el estado de mezcla proporciona una mas fácil fusion del vidrio. Este vidrio ofrece, por lo comun, color verde debido al óxido ferroso; en algunos casos presenta una tinta pardo-amarillenta producida por los sesquióxidos de manganeso y de hierro.

El uso de este cuerpo para vidrieras no data mas que desde el siglo tercero de nuestra era. A fines del siglo VI se usaron por primera vez en Francia, en las catedrales de Tours y Brionde, y en 627 en la iglesia de Santa Sofía en Constantinopla. El poeta Fortunato, que vivió á principios del siglo VIII, celebró los vidrios de la Catedral de Paris. En este mismo siglo los ingleses buscaron vidrieras en Francia para adornar las catedrales de Cantorbery y York. En el siglo XII se adornó la iglesia de San Dionisio de Paris con magníficos vidrios y engastados ó sujetos por el plomo. En el XIV, la generalidad de las casas particulares carecian de vidrieras, y solo recibian la luz exterior mediante aberturas ó ventanas, donde colocaban lienzos, papel ú otras sustancias mas ó menos trasparentes ó traslúcidas.

VIDRIADO

Dáse el nombre de «vidriado» á todos los objetos construidos con sustancias arcillosas y que adquieren por medio de la coccion cierto grado de consistencia. El arte de construir el vidriado se ha denominado «arte cerámica,» y las pastas terrosas que se destinan á su elaboracion, «pastas cerámicas.» La cerámica, ó arte de fabricar vasijas de barro, se conoce desde la mas remota antigüedad. Hace mas de dos mil doscientos años, el célebre Platon decia que la construccion de estas vasijas debia haber sido una de las primeras industrias humanas; en efecto, existen materias y objetos cerámicos mas antiguos que las monedas y otros productos metálicos. Estos últimos, con el trascurso del tiempo, se oxidan, se funden ó destruyen, mientras que los cerámicos resisten la accion de los agentes atmosféricos y aun la misma del hombre.

Los objetos cerámicos construidos por los pueblos antiguos eran muy groseros. Se limitaban á amasar las arcillas con las manos y despues las cocian y desecaban, primero al sol y despues valiéndose de carbones encendidos; tales eran los vasos que proceden de períodos antehistóricos, y hasta los mismos etruscos, que no servian en modo alguno para la conservacion de las sustancias ni preparacion de los alimentos ó viandas. A principios del siglo XV, se emplearon barnices con el objeto de hacer las vasijas impermeables; esta industria adquirió un gran desarrollo en 1430, desde cuya época datan el célebre vidriado ó platos blancos comunes de Faenza. Posteriormente olvidáronse los procedimientos empleados en la referida época, habiendo sido resucitados mas tarde en Italia, y despues en Francia por Bernardo de Palissy. Este célebre, cuanto modesto y paciente sabio, obtuvo en 1530, y al cabo de ensayos tan difíciles como costosos, materias cerámicas que tenian todas las buenas cualidades de las que se empleaban en Italia.

PORCELANA

La porcelana, llamada así porque presenta una superficie lisa y pulimentada, análoga á la que ofrecen ciertas especies de conchas del género Vénus (denominado en latin *porcella*), es una loza fina, de pasta granosa, que no se deja rayar por el acero, traslúcida y susceptible de adquirir una cubierta ó barniz brillante y duro. Se distinguen dos clases: 1.ª porcelana dura; 2.ª porcelana blanda.

La porcelana dura tiene por base el kaolin, que se sustituye algunas veces por el feldespato mas ó menos puro, ó por una mezcla de creta, arena y feldespato. Para fabricar esta clase de porcelana se reducen las materias indicadas á una pasta homogénea que se bate, y se la deja en maceracion por cierto tiempo; despues se forman las vasijas ó piezas á torno ó por medio de moldes á propósito; los adornos se les moldea por separado y se unen á las vasijas mediante una pasta desleida en agua, que recibe el nombre de bardotina. Concluidas y desecadas las piezas, se las expone á la primera coccion para obtener el bizcocho. Por lo comun, se cubre este en seguida con barniz, del cual forma la base el feldespato. Hecho esto, se las sujeta por espacio de 30 á 39 horas á una segunda y última coccion. El menor descuido en estas operaciones puede originar defectos ó accidentes mas ó menos considerables. Estas precauciones nos explican el precio elevado y la estimacion que tienen las magníficas y bellas porcelanas que todo el mundo conoce.

Las porcelanas suelen llevar colores unidos ó combinados con la materia que las constituye, dibujos, adornos, pinturas variadas y caprichosas, etc. Se aplican los colores ya sea sobre la misma pasta, ya sobre la cubierta, fundiendo estas y las materias tintóreas á igual temperatura, ó bien sometiendo los fundentes y óxidos metálicos á un calor mas moderado.

(1) Véase algun tratado de Química general é industrial.

La porcelana blanda difiere de la anterior, en que su pasta contiene mas cantidad de feldespato, siendo por consecuencia mas fusible, y que en el esmalte entra óxido de plomo. La porcelana de Inglaterra contiene fosfato de cal y de barita. La antigua de Sevres se componia esencialmente de una marga caliza, teniendo como fundente una sustancia constituida por una mezcla de arena, sosa y nitro; se conoce desde luego por lo grueso de su cubierta y por un tinte algo amarillento. Esta porcelana ofrece el inconveniente de que no puede someterse á la accion del fuego y de que se araña con suma facilidad.

Las porcelanas que proceden de China son duras, y se las reconoce inmediatamente por su tinte azulado y por la naturaleza de sus adornos y dibujos; las del Japon suelen estar cubiertas de un esmalte negro brillante.

La fabricacion de la porcelana dura existe en Oriente desde la antigüedad, supuesto que los chinos y japoneses, 2000 años por lo menos, antes de la era cristiana, se dedicaban á esta industria. En Europa no fué conocida hasta principios del siglo diez y ocho, fabricándose en Sajonia, donde únicamente sabian los procedimientos y las materias necesarias y adecuadas; pero muy pronto las naciones trataron de imitar al pueblo sajon, tomando orígen en 1727 la fabricacion de la porcelana blanda. Construida primero en Vincennes, se establecieron inmediatamente fábricas en Sevres, descubriendo en 1774 materias idénticas á las que empleaban los chinos; estas sustancias proceden de Saint-Yrieix en las cercanías de Limoges, no siendo mas que el kaolin que procede de la descomposicion de ciertas rocas graníticas y especialmente de las llamadas pegmatitas. Son notables además las fábricas de porcelana de Liverpool, de donde proceden las magníficas y bellas piezas conocidas con el nombre de Minton (fabricante), la de Gien, departamento del Loira (Francia), y la de Meisen (Sajonia).

LOZA—VIDRIADO COMUN, LADRILLOS, TEJAS

En realidad, todas las vasijas de barro ó de porcelana contienen como elemento esencial la arcilla, esto es, silicato de alumina hidratado, encontrándose además en las primeras materias cierta cantidad de cal, magnesia, potasio, óxidos de hierro, etc. En algunos casos se agrega á las sustancias indicadas, una corta proporcion de fosfato de cal, sobre todo en la porcelana blanca.

En todas las vasijas construidas con arcilla existen dos partes distintas: 1.ª la pasta: 2.ª el esmalte, vidriado ó barniz. La pasta debe estar constituida por arcillas que sean susceptibles de adquirir plasticidad, es decir, que formen con el agua pasta mas ó menos blanda, y por consecuencia, que pueda extenderse en todos sentidos. Luego que á esta pasta se le ha dado la forma que se quiere, se deseca primero al aire libre y despues á una temperatura mas ó menos elevada; mediante la accion de esta, la arcilla se contrae y adquiere cierta dureza, pero no forma pasta con el agua ni tampoco se contrae por la accion del calor. Las arcillas que se destinan para la fabricacion de las diversas vasijas, son las llamadas plásticas, figulinas, kaolinas y aun margas.

Todas las vasijas construidas con las citadas arcillas, menos la porcelana obtenida con el kaolin, necesitan para ser impermeables á los líquidos, cubrirlas de un barniz vidriado ó esmalte. Se comprende desde luego que los barnices tendrán que ser distintos segun sean tambien diferentes las vasijas á que se han de aplicar; es preciso además que se fundan con mas facilidad que la pasta de la vasija, y que vitrifiquen á una temperatura, á la cual la pasta no se reblandezca; los barnices son unas veces trasparentes, otras opacos y al propio tiempo muy variados, pudiendo citar entre otros el silicato de sosa y de plomo y la sal marina en corta cantidad.

LOZA.—Las arcillas que se emplean para la fabricacion de loza no son tan puras como las de la porcelana. Si no contienen óxidos de hierro ó de manganeso, la pasta es blanca despues de cocida; pero comunmente llevan cantidades mas ó menos considerables de los citados óxidos, adquiriendo, en consecuencia, por la coccion, un color pardo ó mas ó menos rojizo. La loza de pasta blanca recibe un vidriado incoloro y trasparente, mientras que se da opaco á la coloreada. El barniz se somete á dos fuegos distintos; el primero á temperatura bastante fuerte, aunque nunca tan elevada como la que experimenta la porcelana dura. La pasta, despues de esta primera coccion, aparece algun tanto porosa; en este caso recibe un baño, por inmersion, el cual se funde con facilidad, y se someten las vasijas á un segundo fuego, por lo general menos intenso que el primero. El vidriado ó barniz que se da á la loza fina es un vidrio de base alcalina y óxido de plomo, aumentando la cantidad de este último siempre que se quiere obtener un barniz fácilmente fusible y disminuir al propio tiempo el combustible. Sin embargo, estos barnices ofrecen el inconveniente de que se rayan con facilidad por medio del cuchillo ú otro instrumento cortante, y de que son bastante blandos; por otra parte se alteran mediante los ácidos ú otros cuerpos, especialmente en los sitios rayados, teniendo al propio tiempo la propiedad de ennegrecerse al contacto de las sustancias orgánicas que desprenden hidrógeno sulfurado. La loza, por fina y buena que sea, resiste menos la accion del calor que la porcelana. El vidriado se resquebraja mas pronto, especialmente si se someten las vasijas á cambios bruscos de temperatura. Una de las lozas mas estimadas es la que procede de diferentes fábricas establecidas en Inglaterra.

VIDRIADO COMUN.—Los tiestos ó macetas de flores y otras vasijas análogas se construyen generalmente con arcillas ferruginosas, mezcladas con cantidades mas ó menos considerables de sílice. Estas arcillas se usan desde luego tal como se extraen del terreno, teniendo cuidado, no obstante, de eliminar las chinas, cantos ó fragmentos que no sean susceptibles de triturarse fácilmente; inmediatamente se las amasa y bate perfectamente, y despues se las introduce en fosos á propósito, con el objeto de que adquieran mayor plasticidad. La forma de estas vasijas se obtiene por medio de los llamados tornos de alfarero; se las pone al aire á fin de que se sequen, y luego se someten á una temperatura poco elevada, sin cubrirlas con barniz alguno.

El vidriado, ó las vasijas que sirven para cocer los alimentos, se fabrica con arcillas tambien muy impuras, á las cuales se añade cierta proporcion de margas calizas y de arena; estos utensilios reciben un barniz, compuesto casi siempre de una mezcla de 6 á 7 partes de óxido de plomo (litargirio) y 4 ó 5 de arcilla. Se aplica este baño á las vasijas, despues de haberlas secado al aire; pero este baño se efectúa, no por inmersion, sino por medio del riego ó rociando los objetos. En algunos países cálidos, tales como España, Portugal, América meridional, etc., construyen vasijas de barro muy porosas y ligeras, valiéndose para ello de arcilla mezclada con grande cantidad de arena, ó bien de la misma arcilla cocida, á las cuales suelen agregar una corta proporcion de sal comun. Los celebrados *búcaros* de la América y del Alentejo (Portugal), las jarras de Murcia y Alicante, y las famosas *alcarrazas* de Andújar (Jaen), son vasos, que, como todo el mundo sabe, conservan el agua muy fresca durante el verano.

LADRILLOS COMUNES Y TEJAS.—Los ladrillos ordinarios se fabrican con arcillas impuras que se someten

á temperaturas diversas, segun sea la composicion de estas sustancias y los países; así, por ejemplo, en algunos pueblos meridionales de nuestra península se limitan á secar los ladrillos y las tejas al sol, pero tienen el inconveniente de ser muy quebradizos y de que no pueden destinarse á las construcciones que requieran solidez. Por lo comun, se cuecen y en algunos casos se aumenta la temperatura lo suficiente para que las piezas sufran un principio de fusion en su parte exterior. Los ladrillos y tejas que se han sometido á la coccion suelen ofrecer un color rojo, llamado *rojo de ladrillo*, debido á los óxidos de hierro que acompañan las sustancias arcillosas.

La arcilla que se emplea para la formacion de ladrillos ó de tejas, luego que se ha extraido del terreno, se la deja abandonada por cierto tiempo en fosos á propósito, y despues se amasa pisándola con los piés; las piezas se construyen á mano por medio de cajas rectangulares ó de formas adecuadas segun aquellas; tambien se forman por medio de máquinas, que las fabrican en gran número. Se exponen inmediatamente al aire con el objeto de secarlas, y luego se cuecen en hornos con un combustible de poco precio, tal como la retama, ramas de encina, de roble, etc., y á veces con estiércol y paja.

CLASE TERCERA—METALES

CARACTÉRES.—Comprende esta clase sustancias sólidas, excepto el mercurio ó azogue, de aspecto ó lustre metálico ó que pueden adquirirle por medio de la frotacion, pulimento, etc., siendo su peso específico, por lo general, superior á 4 enteros. La mayor parte de las especies formadas de dos ó mas elementos se reducen, mediante el calor, al estado metálico. Están constituidas por los metales propiamente dichos, ya se hallen nativos, ya aleados entre sí, ó por combinaciones binarias que resultan de la union de un metal con un elemento metaloide, y, finalmente, por combinaciones ternarias, cuaternarias, etc., formadas por un oxácido (ácido sulfúrico, nítrico, carbónico, etc.) y un óxido metálico, ó por la union de un metaloide con diferentes metales. En esta clase, como dejamos consignado en los principios taxonómicos, es muy difícil la formacion de familias ó tribus, por lo que solo aceptamos el grupo genérico, como intermedio entre la clase y las especies. Los géneros son tantos como metales se conocen en la actualidad.

GÉNERO—PALADIO

PALADIO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Pd

CARACTÉRES.—Este metal, descubierto por Wollaston en 1803, tiene color gris de acero claro ó blanco de plata, lustre metálico é inalterable á la accion del aire; raya al espato fluor y se deja rayar por la fosforita; es dúctil y maleable, adquiriendo por el pulimento un brillo bastante intenso; su peso específico está representado por 11,8 á 12. El paladio es infusible al soplete, pero lo efectúa si se le mezcla con azufre; se disuelve con lentitud en el ácido nítrico, presentando la disolucion un color rojo oscuro, cuya disolucion produce un precipitado verde de aceituna si se la trata por el ferro-cianuro potásico.

YACIMIENTO.—El paladio fué encontrado por Wollaston en las arenas platiníferas del Choco (Colombia); poco tiempo despues le halló Breithaupt en las mismas arenas en Siberia (Montes Urales); la mayor parte del paladio que se consume en la actualidad procede de las arenas platiníferas del Brasil, en cuyo punto existe este metal en pajitas ó granos formados de fibras divergentes: segun la opinion de Haidinger se hallan entre estos granos, pequeños cristales octaédricos que derivan del sistema cúbico; no obstante, Zincken dice haber encontrado en Filkerode (Harz), paladio en forma de pequeñas tablas exagonales, brillantes y fácilmente exfoliables en sentido paralelo á sus bases; esta observacion ha sido confirmada por G. Rose, por lo que se cree que el paladio es un nuevo ejemplo de dimorfismo.

USOS.—Se emplea el paladio, aleado con el oro, para fabricar escalas de precision en los instrumentos astronómicos. Este metal forma la parte graduada del célebre círculo mural del observatorio de Greenwich y la de uno de los grandes círculos del observatorio de Paris. Aleado con la plata le usan los dentistas para orificar.

GÉNERO—IRIDIO

IRIDIO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Ir

CARACTERES.—Este metal, descubierto en 1803 por Smithson-Fennant, nunca se encuentra puro, sino aleado con el osmio ó con el platino; en el primer caso constituye la iridosmina; en el segundo, el iridio platinífero, compuesto de 77 partes de iridio y 19 de platino; este mineral cristaliza en cubos ó cubo-octaedros, pero comunmente se presenta en granos redondos, de un blanco de plata y de lustre metálico; raya al feldespato y se deja rayar por el cuarzo, siendo su peso específico superior al del mismo platino, supuesto que llega á ser de 22 á 23,5 mas pesado que el agua; infusible al soplete, y en su estado natural, ó sea aleado con el platino, se disuelve en el agua régia, ofreciendo la disolucion colores amarillos, verdes, azules, rojos, etc.; en una palabra, las coloraciones del arco íris, de donde toma el nombre de iridio.

YACIMIENTO.—Este metal se halla en los mismos terrenos que el platino; se encuentra en Nischne-Fagilisk (Montes Urales) y en el país de Ava (India oriental).

GÉNERO—PLATINO

PLATINO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Pt

Metal descubierto en Nueva Granada en 1735 por el célebre español Antonio de Ulloa; los ingleses y el mismo Ulloa, le introdujeron en Europa el año de 1741.

CARACTÉRES.—El platino ó platina, diminutivo de la palabra española plata, es un metal de color gris de acero ó de hierro, de lustre metálico intenso por medio del pulimento; mas duro que el cobre y menos que el hierro, dúctil y maleable en alto grado, pero poco dilatable; muy tenaz, perdiendo algun tanto esta particularidad cuando va unido á una corta cantidad de hierro; su peso específico en estado

nativo viene á ser de 17 á 19; y cuando está puro y forjado 21,5; inalterable al soplete ordinario y á las temperaturas mas elevadas que pueden producirse en los hornos de fundicion; pero se funde al soplete de gas oxígeno é hidrógeno; inalterable tambien al aire é insoluble en los ácidos, excepto en el agua régia (ácido cloro-nítrico), cuya disolucion produce un precipitado amarillo de canario por medio del carbonato potásico.

VARIEDADES.—La manera mas general de presentarse el platino es en granos llamados pepitas; cuando ofrecen cierto tamaño estos granos son redondeados, de superficie rugosa y cavernosa, en cuyas cavidades se notan algunas veces indicios de pequeños cubos ó de octaedros regulares. Existen además las variedades escamosa y arenácea. Algunos mineralogistas, teniendo en cuenta los metales que van unidos al platino, aceptan las cuatro variedades siguientes: 1.ª Platino ferrífero, de color gris oscuro y de una densidad representada próximamente por 17 enteros; contiene en algunos ejemplares hasta un 12 ó un 13 por ciento de hierro, y en otros nada mas que un 5. 2.ª Platino polixeno de Hausmann, llamado así porque está aleado con varios metales raros, tales como el rodio, paladio, osmio, iridio y rutenio; esta variedad se halla con frecuencia en Colombia y en los Montes Urales. 3.ª Platino aurífero, consta de platino casi puro, supuesto que la cantidad de oro es muy pequeña. 4.ª Platino iridífero, variedad descrita en el metal iridio.

YACIMIENTO.—Se halla el platino en granos ó pepitas en los terrenos de aluvion antiguos, ó sea en los mismos que el oro, diamante y otras piedras preciosas. Sin embargo, Boussingault dice haberle visto en un filon aurífero de Colombia, y Leplay á su vez lo encontró en granos ó pepitas en una roca serpentínica de los Montes Urales. Existe este metal, como se ha indicado, en Chocó (Colombia ó Nueva Granada), Minas-Geraes y Matto-Groso (Brasil), Haiti (Santo Domingo), isla de Borneo y en la provincia de Ava (Imperio de Birman). En 1825, se descubrió en la vertiente oriental de los Montes Urales y poco despues en la occidental. En España, segun Maestre, se encuentra en la parte occidental de la provincia de Asturias, diseminado, y unido á la pirita de hierro, en una pizarra silúrica.

EXTRACCION DEL PLATINO.—Si las arenas platiníferas contienen oro, se separa primero este metal por amalgamacion; despues se introduce el mineral restante, denominado «mena de platino» (compuesta de este metal, de iridio, rodio, osmio, paladio y rutenio), en matraces de vidrio y se le trata por el ácido nítrico, con el objeto de separar el paladio, si es que existe; el residuo se somete á la accion del agua régia que lleve un exceso de ácido hidroclórico; pero debe agregarse un poco de agua con el objeto de que se disuelva la menor cantidad posible de iridio; se renueva el agua régia hasta obtener la total disolucion del platino. Esta disolucion se trata por el cloruro amónico que da un precipitado amarillo (cloruro doble de platino y amoniaco); calcinando este precipitado hasta el rojo, se obtiene una masa gris y esponjosa del metal, denominada esponja ó musgo de platino.

USOS.—El platino es uno de los metales mas preciosos é importantes por razon de su infusibilidad, así como por ser insoluble en los ácidos é inalterable á la accion del aire. Se destina para la construccion de retortas, crisoles, alambiques, cápsulas, pinzas, cucharillas, puntas de soplete y para-rayos. En Rusia lo emplearon al principio de su descubrimiento en la fabricacion de moneda, de un valor intermedio entre la plata y el oro; aleado con el cobre sirve para la construccion de espejos telescópicos; por último, se le destina para dar brillo y color argentino á la porcelana.

GÉNERO—RODIO

RODIO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Ro

CARACTÉRES.—Este metal no existe puro en la naturaleza, hallándose aleado, aunque en corta cantidad, con el oro y con los minerales de platino. Cuando se obtiene el rodio puro, presenta un color gris parecido al del platino, siendo mas difícil de soldar y de fundir que este cuerpo; su densidad relativa está representada por 10,6. El rodio no se oxida en contacto del aire á la temperatura ordinaria, pero si está muy dividido, se une fácilmente con el oxígeno mediante el calor rojo; cuando puro es insoluble en todos los ácidos, incluso en el agua régia, pero se disuelve en este último liquido, si se halla aleado con el platino ú otras sustancias metálicas; la potasa y el nitrato potásico, á la accion del calor rojo, le convierten en sesquióxido; el bisulfato potásico le ataca á igual temperatura, dando orígen á un doble sulfato de sesquióxido de rodio y de óxido potásico; las disoluciones salinas de este metal ofrecen un color sonrosado, de donde toma el nombre de rodio (de *rodon*, rosa) que le dió Wollaston en 1804.

YACIMIENTO.—El rodio existe aleado con el oro en las arenas platiníferas de Chocó y Barbacoal (Colombia). Las minas de platino de las citadas localidades contienen un 3 por ciento de este metal. D. Andrés del Rio dice que existe tambien en ciertos sitios de México, presentando los ejemplares de 34 á 43 por ciento de rodio, y una densidad relativa de 16 enteros, mientras que el metal, cuando está puro, no llega á pesar mas que 10,6.

GÉNERO—ORO

ORO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Au

El oro se conoce desde la mas remota antigüedad; se cree que el nombre que lleva procede de la palabra egipcia *Orus*, con la que los naturales de esta nacion designaban al dios Apolo.

CARACTÉRES.—El oro ofrece un color amarillo particular, lustre metálico poco intenso, especialmente en los bordes; la fractura es ganchuda y como desgarrada; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo por consecuencia uno de los metales mas blandos; dúctil y maleable en alto grado. Su peso específico, cuando está puro, es de 19,37, y la del oro nativo varía entre 17 y 19,4, diferencia debida en unos casos á una distinta colocacion molecular, y en otros á la mayor ó menor cantidad de plata que contiene, influyendo algunas veces la presencia de este metal, hasta el extremo de presentar el oro un color mas claro y formar la variedad llamada *electrum* por Plinio ú oro argental de algunos mineralogistas actuales. Este cuerpo se funde á la temperatura de 1,200° del termómetro de aire, fundiéndose con facilidad al soplete ordinario, produciendo un glóbulo metálico; no se oxida en contacto del aire; insoluble en todos los ácidos, excepto en el agua régia; tratada esta disolucion por el nitrato ferroso, se obtiene un precipitado pardo rojizo, ó sea el oro reducido que, frotado, adquiere el lustre y color propio de este metal; si la disolucion régia se la trata por el cloruro de estaño, da un precipitado rojo púrpura (Púrpura de Casio).

VARIEDADES.—Este metal casi siempre está aleado con la plata, teluro, rodio, paladio, cobre ó mercurio, llamándose en este último caso oro amalgamado ó argental. Se presenta cristalizado en cubos, octaedros y rara vez en dodecaedros, siendo estas formas unas veces sencillas y otras mas ó menos modificadas: existen tambien cubo-octaedros, tra-

pezoedros y exatetraedros. Pero si bien es cierto que el oro se halla en cristales regulares, se presenta mas comunmente en láminas, dendrítico, escamoso ó en pajillas, granos, pepitas y arenas. Se citan algunas pepitas notables, tales como la presentada en la exposicion de Lóndres de 1855, de 42 kilógramos; se indica otra procedente de California (América del Norte), de cerca de 60 kilógramos. La pepita de oro que existia en el Museo de Madrid pesaba unas 16 libras.

YACIMIENTO.—Se halla este metal en la naturaleza de tres maneras diferentes: 1.ª Constituyendo filones propiamente dichos en rocas graníticas, porfídicas y serpentínicas. 2.ª En venas diseminadas en varias rocas cuarzosas, como se observa en Minas-Geraes (Brasil), donde se encuentra el oro en una especie de roca cuarzosa de color rojizo, que los naturales del país denominan *iacotinga.* 3.ª En arenas, láminas ó pajillas, granos, pepitas, etc., en los terrenos de aluvion antiguos y en algunos rios.

Las localidades del mundo donde mas abunda este metal son las siguientes: En América, California, México, Brasil, Colombia, Chile y Perú. En Asia, en los Montes Urales, imperio de Birman, Cadena del Altai y Japon; en Africa, en Abisinia, gran desierto de Sahara, Nigricia, Senegal, Guinea, Congo y en las costas meridionales y orientales frente á Madagascar, en donde existe el oro en Sofala, punto donde suponen algunos que existia el célebre país de *Ofir*, donde las embarcaciones de Salomon buscaban el oro. En Oceanía, en la Australia; y en Filipinas en la provincia de Camarines. En Europa hay minas de oro en el Tirol, Hungría, Sajonia y Transilvania.

Las localidades mas importantes de España son: el terreno diluvial de la Vega de Granada, donde se encuentra el oro en pajillas ó arenas procedentes de la disgregacion de la micacita de Sierra Nevada; se presenta de la misma manera en las montañas de Leon y en el rio Sil desde Ponferrada hasta el Miño; se halla tambien en Guadarrama, término de San Ildefonso (Segovia), Membrio (Cáceres), en la cuarcita de la cordillera divisoria de Asturias y Galicia, Culera (Gerona) y en los terrenos que recorre el Tajo en la provincia de Cáceres hasta su entrada en Portugal.

Se cree que el producto anual de oro que produce la América es de unos 18,000 kilógramos. Las Américas y la Oceanía proporcionan diez veces mas oro y nueve veces mas plata que Europa; pero el prestigio de estos dos cuerpos va desapareciendo á medida que se desarrolla en Europa la industria minera de otros metales; así que comparando el producto y beneficios que presta el hierro relativamente al oro, se observa una diferencia notabilísima en favor del primero.

EXTRACCION DE ORO.—Consiste esencialmente en el método de amalgamacion, es decir, en disolverle por medio del mercurio, despues de haber sometido los minerales de oro á ciertas operaciones mecánicas; de este modo, se obtiene una amalgama líquida que, filtrada, resulta una amalgama sólida, de la que se separa el mercurio del oro por destilacion; si el oro que resulta no es puro, sino mezclado con otros metales, se separan estos por medio del ácido nítrico, que disuelve todos los cuerpos extraños y no ataca al oro. Cuando los minerales forman una mezcla de oro y plata se les somete á la copelacion, y se separan estos dos metales por el indicado ácido nítrico que disuelve la plata y deja al oro en estado libre. En los placeres, ó sea en los criaderos del terreno cuaternario ó de aluvion antiguo, se hace la separacion por medio del lavado de las arenas y gravas que lo contienen.

USOS.—Aleado con una corta cantidad de cobre adquiere dureza y tenacidad, y forma la materia mas importante y fundamental de la joyería; unido al referido metal sirve para la fabricacion de la moneda. Segun lo dispuesto en el decreto del mes de octubre de 1868, las monedas de oro de 100, 50, 20, 10, 5... pesetas deben tener una ley de 900 milésimas de oro por 100 de cobre; las de plata de 5 pesetas igual ley que las de oro, y las de 2, 1, 0,50, 0,20... pesetas, 835 de plata y 145 de cobre. Se destina tambien esta aleacion para joyas y otros objetos de lujo; unido el oro al cobre y la plata forma lo que los joyeros denominan *oro verde;* reducido á láminas muy delgadas se usa en el dorado de las maderas; amalgamado se emplea para el dorado á fuego; tienen tambien aplicacion en la medicina algunas sales de este metal, como, por ejemplo, el cianuro áurico potásico, que se emplea en el tratamiento de ciertas enfermedades sifilíticas; finalmente, la púrpura de Casio (estannato de oro y estaño) se usa en las artes para pintar la porcelana y el cristal de color de púrpura, rosa ó morado.

GÉNERO—PLATA

Los minerales comprendidos en este género ofrecen los siguientes caractéres; tienen una dureza comprendida entre 2 y 3; su peso específico es superior á 5; se funden con facilidad reduciéndose al estado metálico; la mayor parte son solubles en el ácido hidroclórico, produciendo un precipitado blanco, análogo á la leche cortada, insoluble en los ácidos, pero soluble en el amoniaco. Las especies mas principales de este género son: 1.ª plata nativa; 2.ª argirosa; 3.ª argirítrosa; 4.ª miargirita; 5.ª plata estriada de España; 6.ª proustita; 7.ª querargira; 8.ª bromargira; 9.ª yodargira.

PLATA NATIVA—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Ag

CARACTÉRES.—La plata que se emplea en la acuñacion de la moneda y para fabricar los diversos objetos de lujo, no se halla jamás pura, supuesto que siempre contiene cierta cantidad de cobre; reducida á su mayor pureza presenta un color blanco particular, brillo metálico intenso que no se altera en contacto del aire á menos que no haya en este vapores de hidrógeno sulfurado, en cuyo caso toma un color negro. Este mineral es bastante tenaz, maleable, dúctil en alto grado, aunque no tanto como el oro; es mas duro que este y menos que el cobre, siendo su peso específico 10,5. Se funde al rojo blanco y produce vapores sensibles á la temperatura del fuego de forja; soluble en el ácido nítrico, cuya disolucion, como se ha dicho, precipita en blanco como de leche cortada por medio del ácido hidroclórico ó un cloruro soluble; si este precipitado se expone á la accion de los rayos solares, adquiere al principio un color morado y despues negro; este mismo precipitado se disuelve en el amoniaco, quedando la disolucion completamente incolora.

VARIEDADES.—Se encuentra la plata cristalizada en cubos, octaedros y dodecaedros del primer sistema; se obtienen tambien estos cristales cúbicos ú octaédricos por medio de la fusion. Puede presentarse además en formas dendrítica, capilar, ramulosa, reticulada y filiforme. Se han encontrado ejemplares de plata nativa en masas de un volúmen y de un peso sumamente considerable; así, por ejemplo, en las célebres minas del Potosí se han hallado pepitas de plata de 100, 60 ó 40 kilógramos de peso; en 1534 se descubrió en la mina de Konsberg un ejemplar que pesaba siete quintales y medio, así como, segun las relaciones de algunos historiadores, en la mina de Schneeberg, se descubrió en el siglo XV un ejemplar que tenia de peso mas de 100 quintales, pero en realidad mas bien que de plata nativa era una mezcla de este cuerpo y de sulfuro del mismo metal.

Yacimiento.—Además de hallarse la plata nativa en masas mas ó menos considerables en los filones ó en los terrenos que proceden de la destruccion de estos filones, se encuentra tambien diseminada en las arcillas ferruginosas que llenan las cavidades de filones argentíferos de Huelgoat (Bretaña), donde se designa á estas arcillas con el nombre de *tierras rojas*, ó bien en filones de Guanajuato y Zacatecas (México) y Copiapó (Chile), en cuyos puntos llaman á las citadas tierras *colorados* y *pacos*. En España se ha encontrado plata nativa en las minas de Hiende-la-Encina (Guadalajara), Guadalcanal (Sevilla) y Farena (Gerona). Las gangas de la plata suelen ser las siguientes: las calizas, hierros espáticos, baritina y cuarzo, siendo las minas mas principales en Europa las de Kongsberg (Noruega), Schneeberg, Mariemberg y Freiberg (Sajonia), las de Harz, Hungría y España. Pero la cantidad de plata producida por todas estas minas y algunas otras menos importantes, no llega ni con mucho á la décima parte de la que proporcionan las de América. Los filones mas ricos existen en Guanajuato, Zacatecas, Botopilas, Sombrerete y Real del Monte. El filon de Guanajuato, conocido con el nombre de *Veta madre*, es el mas rico del mundo; ofrece en algunos puntos una potencia de sesenta metros en una longitud próximamente de tres leguas; la célebre mina Valenciana, que corresponde á este filon, produce anualmente mas de 30 millones de reales. Despues de las minas de Guanajuato siguen en importancia las de Zacatecas, de las cuales la llamada *Veta grande*, presenta un filon de 22 metros de espesor. La república del Perú cuenta entre sus célebres minas de plata la de *Pasco* ó Lauricocha, Micuipampa y Huantalaya. La república de Bolivia ó Alto Perú posee la famosa y antigua mina del Potosí, que tanta cantidad de plata suministró á los conquistadores de este país. En Chile existen, entre otras minas importantes, las de Coquimbo y Arqueros en la provincia de Copiapó.

Las colonias españolas produjeron desde su conquista hasta principios del siglo actual unos ciento veintiocho millones de kilógramos de plata. La cantidad que se extrae anualmente de este metal en las diferentes partes del mundo asciende á unos 800,000 kilógramos, de los cuales América suministra las nueve décimas partes.

Usos.—Aleada la plata con el cobre se emplea en la acuñacion de la moneda, en joyas y vajillas de plata; sirve para la construccion de crisoles, cápsulas, para platear el laton y la madera. La sustancia conocida con el nombre de *plaqué*, está formada de láminas de cobre cubiertas de hojas de plata. En Química se emplea para la preparacion de la piedra infernal, ó sea el nitrato de plata; finalmente, en la fotografía se usan las sales de este metal por la particularidad que tienen de adquirir un color negro en contacto de la luz.

ARGIROSA Ó PLATA VIDRIOSA — PLATA SULFURADA DE HAUY — SULFURO DE PLATA DE LOS QUÍMICOS — Fórmula química AgS

Caractéres.— La argirosa, llamada tambien *plata negra*, tiene por forma primitiva el cubo; color gris negruzco ó gris de plomo; fractura reciente brillante, pero en contacto del aire se empaña pronto y toma color negro; raya al yeso y se deja atacar por la caliza, estando representado su peso específico por 6,9 á 7,4. Se funde al soplete con desprendimiento de vapores sulfurosos, y se reduce á un boton blanco de plata; se disuelve en el ácido nítrico, é introduciendo en la disolucion una lámina de cobre se platea; esta misma disolucion produce con el ácido hidroclórico un precipitado blanco, que es soluble en el amoniaco.

COMPOSICION EN PESO

Plata	87,04
Azufre	12,96
	100,00

Variedades.—Se establecen por algunos mineralogistas las siguientes; 1.ª cristalizada en cubos, octaedros ó cubo-octaedros; 2.ª dendrítica, formada de cristales pequeños y unidos entre sí ó por cristales de plata nativa; 3.ª mamelonada, se presenta concrecionada ó en capas en la superficie de las sustancias que hay en los filones; 4.ª amorfa, de fractura concoidea y vítrea; 5.ª terrosa en masas de color negro, quebradizas y pulverulentas; esta variedad se llama *negrillo* por los peruanos y mexicanos.

Yacimiento.—La plata argirosa existe en los mismos terrenos qne todas las demás especies de plata, por cuya razon los indicaremos al terminar la descripcion de los minerales de este género.

Usos.—Se emplea para la obtencion de la plata, siendo la especie que contiene mas cantidad de este metal.

ARGIRITROSA Ó PLATA ROJA OSCURA — PLATA ANTIMONIO SULFURADA DE HAUY — SULFO-ANTIMONIURO DE PLATA—Fórmula química $3AgS+Sb^2S^3$

Caractéres.—Esta sustancia, denominada tambien *pirargirita* por algunos mineralogistas, ofrece por forma primitiva un romboedro perteneciente al cuarto sistema, siendo, sin embargo, la forma dominante el prisma exagonal ó el escalenoedro; color rojo de jacinto ó carmesí en los cristales trasparentes, y gris de plomo-azulado ó negruzco en los opacos; raya el yeso y se raya por la caliza, siendo el polvo que resulta de la raya de color rojo de cochinilla; su peso específico está representado por 5,75 á 5,85. Se funde con facilidad al soplete, desprendiendo vapores sulfurosos y humos blancos inodoros, reduciéndose á un boton blanco de plata; se disuelve en el ácido nítrico, depositando al propio tiempo un precipitado blanco de óxido de antimonio.

COMPOSICION DE LA ARGIRITROSA DE MÉXICO (Wohler)

Plata	60,2
Antimonio	21,8
Azufre	18
	100,0

Variedades—Pocas veces se encuentra cristalizada en romboedros, siendo las formas mas frecuentes los prismas exagonales y el escalenoedro. Se presenta además en masas compactas ó mas bien se puede constituir la variedad mamelonada.

Usos.—Sirve para la extraccion de la plata. Contiene en 100 partes de 59 á 60 de este metal.

MIARGIRITA — PLATA ANTIMONIO SULFURADA — SULFO-ANTIMONIURO DE PLATA—Fórmula química AgS, $Sb^2 S^3$

Esta especie químicamente considerada no se diferencia de la anterior mas que en la diversa proporcion de los elementos. Contiene menos plata que la argiritrosa, por lo que se la ha denominado miargirita (de *meion*, menos; *arguros*, plata).

Caractéres.—La forma primitiva de esta sustancia es un prisma romboidal oblicuo, perteneciente al quinto sistema; color gris negruzco en la superficie, pero mediante la

raya le ofrece de un rojo oscuro; es mas dura que el yeso y menos que la caliza, estando representado su peso específico por 5,35. Sus caractéres químicos son iguales á los de la argiritrosa.

COMPOSICION EN PESO

Plata	36,40
Antimonio	39,14
Azufre	21,95
Cobre	1,06
Hierro	0,62
	99,17

YACIMIENTO.—La miargirita solo se ha encontrado hasta el presente en New-Hoffnunq próximo á Braunsdorf (Sajonia); pero segun Delafosse y otros mineralogistas debe hallarse en algunos de los puntos donde existe la plata roja oscura.

PROUSTITA (MINERAL DEDICADO Á PROUST)—PLATA ARSENIO-SULFURADA—SULFO-ARSENIURO DE PLATA—Fórmula química $3\ AgS + Al^2\ S^3$

CARACTÉRES.—La proustita, designada tambien con el nombre de plata roja clara, cristaliza en prismas exagonales que derivan del sistema romboédrico; color gris de acero en los cristales opacos y rojo de jacinto ó de cochinilla claro en los trasparentes, por cuyo carácter se la denomina plata roja clara; raya al yeso y se deja rayar por la caliza, siendo su peso específico de 5,5. Se funde al soplete con desprendimiento de vapores sulfurosos y humos blancos de olor aliáceo, reduciéndose á boton metálico de plata; soluble en el ácido nítrico, cuya disolucion tratada por el ácido hidroclórico y amoniaco da lugar á los mismos fenómenos que las especies anteriores.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de H. Rose

Plata	61,67
Arsénico	15,09
Azufre	19,51
Antimonio	0,69
	96,96

Análisis de Proust

Sulfuro de arsénico	25,00
Sulfuro de plata	74,35
Oxido de hierro	0,65
	100,00

VARIEDADES.—Se conocen: la cristalizada en prismas exagonales apuntados y en romboedros; la fibrosa, radiada y reniforme, cuyas variedades de color amarillo-naranjado corresponden á la subespecie janthocon de algunos autores.

La proustita es isomorfa con la argiritrosa, con la cual ha estado confundida mucho tiempo. El célebre Werner manifestó que debian constituir dos especies diferentes, supuesto que el color del polvo producido por la raya era muy distinto en uno y otro mineral. Posteriormente Proust, haciendo el análisis de estas sustancias, vió que ofrecian diversa composicion química, como puede notarse estudiando el análisis de las dos.

USOS.—Para la obtencion de la plata.

PLATA ESTRIADA DE ESPAÑA—PLATA ANTIMONIO PLUMBÍFERA—Fórmula química $2AgS, Sb^2\ S^3 + 3PbS,SbS^3$

CARACTÉRES.—La forma primitiva ó dominante de esta especie es un prisma romboidal recto, perteneciente al tercer sistema; ofrece crucero perfecto, presentando siempre los planos de crucero estrías longitudinales bastante profundas; color gris de acero ó gris de plomo, lustre metálico intenso, raya al yeso y se deja rayar por la caliza, siendo su peso específico de 6,01. Se funde al soplete con desprendimiento de vapores sulfurosos y antimoniales, y si se practica el ensayo sobre el carbon, se deposita sobre este apoyo óxido de antimonio y plomo, dando por último el boton metálico de plata.

COMPOSICION EN PESO SEGUN EL SR. ESCOSURA

Plata	22,45
Plomo	31,90
Antimonio	26,83
Azufre	17,60
	98,78

YACIMIENTO.—Existe en las minas de plata de Hiende-la-Encina (Guadalajara) y en Sajonia.

USOS.—Idénticos á los de las especies anteriores.

QUERARGIRA Ó PLATA CORNEA—PLATA CLORURADA—CLORURO DE PLATA—Fórmula química Ag Cl

CARACTERES.—Su forma dominante es el cubo; color gris perla, gris amarillento ó verdoso que, en contacto de la luz, pasa al morado; la fractura reciente ofrece cierto brillo diamantino; su dureza es menor que la del yeso; maleable y blanda hasta el punto de dejarse cortar como la cera ó el cuerno, siendo su peso específico de 5,6. Se funde á la llama de una bujía, desprendiendo vapores de cloro; por la accion del soplete, y colocada la plata córnea sobre el carbon, se reduce á un boton metálico, insoluble en el ácido nítrico y atacable por el amoniaco. Si se frota la querargira sobre una lámina de zinc algo humedecida, se deposita sobre ella una capa delgada metálica.

COMPOSICION EN PESO

Plata	75,25
Cloro	24,75
	100,00

VARIEDADES.—La querargira rara vez se halla cristalizada en cubos ó cubo-octaedros. Por lo comun, se encuentra en pequeñas ó grandes masas, siendo notable el ejemplar de esta sustancia que existe en el museo de Historia Natural de Madrid, cuyo peso es próximamente de 90 kilógramos.

USOS.—Análogos á los de las especies anteriores, siendo muy apreciado este mineral porque, si se exceptúa la argirosa, es el que contiene mas cantidad de plata.

BROMARGIRA—PLATA BROMURADA—BROMURO DE PLATA Fórmula química Ag Br

La bromargira fué descubierta por Berthier en un mineral procedente de San Onofre (México): Domeyko la encontró tambien en los pacos de Colorado y Chanarcillo, próximo á Copiapó (Chile). En uno y otro punto está acompañada la bromargira del cloruro y del cloro-bromuro de plata.

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica ofrece pro-

piedades físicas y aun químicas análogas á las de la querargira. Se distinguen, no obstante, en que el color de esta última es amarillo, mientras que el de la bromargira es verde, por lo que en Zacatecas la llaman plata verde. Se funde con facilidad al soplete y es poco soluble en los ácidos, pero se disuelve en el amoniaco concentrado. Si se funde con el fosfato sódico cúprico, comunica á la llama del soplete un color azul verdoso.

COMPOSICION EN PESO

Plata.	57,45
Bromo.	42,55
	100,00

USOS.—Para la extraccion de la plata.

YODARGIRA—PLATA YODURADA—YODURO DE PLATA
Fórmula química AgI

CARACTÉRES.—La yodargira que, atendiendo á su composicion, parece que debia ser isomorfa con la querargira y bromargira, cristaliza, segun Domeyko y Descloizeaux, en pequeños prismas exagonales, sencillos unas veces y otras con truncaduras en las aristas básicas; por lo comun, la yodargira se presenta en láminas delgadas, exfoliables en una sola direccion; estas láminas son flexibles y blandas hasta el extremo de dejarse rayar por la uña, traslúcidas, de color amarillo de limon y lustre resinoso, caractéres mas que suficientes para distinguirla de la bromargira y querargira con las cuales está asociada. Colocada sobre el carbon se funde con facilidad y colora de rojo la llama del soplete: por medio del fuego de reduccion, produce un boton de plata; se disuelve en caliente en el ácido sulfúrico con desprendimiento de vapores violados.

COMPOSICION EN PESO

Plata.	45,97
Iodo.	54,03
	100,00

USOS.—Idénticos á los demás minerales del género.

YACIMIENTO DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE PLATA.—La generalidad de ellas están siempre asociadas en los diferentes terrenos de sedimento, avanzando en algunos casos hasta los graníticos. La argirosa, que es la especie mas importante del género, se presenta en filones que atraviesan los gneis, pizarras micáceas, pizarras arcillosas, la anfibolita y aun los granitos, pórfidos y traquitas, yendo acompañada generalmente de la plata nativa, plata rosa, proustita y demás especies de este género, así como de galenas argentíferas, compuestas de arsénico y otros minerales que forman esencialmente la ganga de los filones metalíferos, tales como el cuarzo, baritina, caliza, hierros espáticos, etc.

Como hemos consignado, los criaderos mas importantes de todas las especies de plata corresponden á México, Bolivia, Perú, Chile, Brasil, Noruega, Sajonia y Siberia. En España tenemos la argirosa, ó mejor dicho, la plata agria ó *Psaturosa* (sulfato-antimoniuro de plata) en Hiende-la-encina (Guadalajara); la plata antimonial en Sierra Nevada, Sierra Morena y Guadalcanal; la querargira en las mismas minas de Hiende-la-encina, y las galenas argentíferas en Badajoz, Málaga, Granada, Almería y otras provincias.

EXTRACCION Ó METALURGIA DE LA PLATA.—Las especies minerales que suministran este metal son las siguientes: la argirosa, querargira, plata roja oscura y plata roja clara, la bromargira y yodargira. Además existen varias galenas y minerales cobrizos que suelen contener plata diseminada ó formando parte de su composicion: estas galenas y sustancias cobrizas son los minerales de donde se extrae comunmente la plata en Europa.

Las galenas argentíferas se tratan desde luego como si fueran minerales de plomo, en cuyo metal queda la plata, que se separa inmediatamente por medio de la copelacion. Este procedimiento está basado en la propiedad que tiene el plomo de oxidarse cuando se eleva la temperatura en contacto del aire, mientras que la plata es inalterable. Para auxiliar la oxidacion del plomo, es preciso ir separando el óxido de este metal á medida que se va formando, para lo cual se necesita una temperatura muy elevada con el objeto de que se funda el referido óxido. En el momento en que no se oxide el plomo, puede decirse que está terminada la operacion, y que, por consecuencia, ha concluido la copelacion; este momento se reconoce, porque queda en la superficie del baño una película brillante de óxido de plomo que ofrece diversas coloraciones análogas á las burbujas del jabon; dicha película termina por romperse y deja al descubierto la superficie del metal; esta serie rápida de cambios ó de fenómenos se llama *relámpago*. Luego que ha concluido este fenómeno, el operario echa sobre la copela del horno, primero agua caliente, despues agua á la temperatura ordinaria, y separa en seguida la torta de plata solidificada. La plata así obtenida, llamada «plata de copela,» no es pura, supuesto que lleva $^1/_{16}$ de plomo.

El procedimiento generalmente empleado para extraer la plata se reduce al método de «amalgamacion,» que segun se ha indicado, no solo se aplica para la obtencion de la plata, sino para el oro y otros metales preciosos. Muchos minerales terrosos y ferruginosos suelen llevar gran cantidad de plata ó de oro diseminados en partículas infinitamente pequeñas; para extraer los metales indicados de estas materias, se pulverizan y mezclan con mercurio, que mediante la temperatura, constituye una amalgama de oro ó de plata; se lava en seguida la masa que resulta con objeto de que sean arrastradas las partes terrosas, y no quede en la indicada masa mas que la amalgama que es mucho mas densa. Despues se somete esta á la destilacion, en virtud de la cual el mercurio se volatiliza, y quedan libres la plata ó el oro. Si la plata se encuentra en estado de sulfuro, se mezcla el mineral con sal comun, con el objeto de que se trasforme en cloruro; se agrega un principio activo, denominado *magistral*, compuesto de sulfato de cobre, y se tuesta la mezcla en un horno de reverbero, ó bien se la deja expuesta al aire por espacio de algunos meses, despues de haberla trillado para hacerla mas homogénea. (Este método fué inventado y establecido en México en 1557 por el español Bartolomé de Medina.) Luego que han pasado unos quince dias, la primera porcion de azogue se combina con cierta cantidad de plata y constituye una amalgama pastosa; se añade despues mercurio, y cuando se ha unido á la masa que queda, se aumenta una tercera y última cantidad de este metal. Luego que se da por terminada la operacion, se deslien las sustancias en el agua con el objeto de separar la amalgama, se filtra esta por telas y se somete á la destilacion la parte sólida que queda. En este procedimiento, llamado «americano,» se ahorra combustible, pero se pierde 1,3 de mercurio, por una parte de plata que se obtenga. Una de las causas que mas influyen en la actual depreciacion de la plata, es la enorme cantidad de este metal que arrojan al mercado las minas americanas. Baste decir que desde 1849 á 1874, se han obtenido de las mencionadas minas cantidades de plata por valor de 1,119.000,000 de pesetas.

GÉNERO—MERCURIO

Los minerales mas importantes pertenecientes á este género son: el mercurio nativo, mercurio argental, cinabrio y mercurio córneo.

MERCURIO Ó AZOGUE NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Hg

CARACTÉRES.—El mercurio es el único metal que se presenta líquido á la temperatura y presion ordinaria; se solidifica á 40° bajo cero del termómetro centígrado, cristalizando en este caso en octaedros regulares, adquiriendo un aspecto análogo al de la plata y siendo susceptible de forjarse y laminarse como otros cuerpos metálicos. En su estado natural, ofrece un color blanco de plata, lustre metálico intenso, siendo su peso específico de 13,5. A la temperatura de 360° se volatiliza produciendo vapores deletéreos, que originan temblores convulsivos á quienes los respiran; se evapora tambien, como todos los líquidos, á la temperatura ordinaria, si bien en cantidad muy pequeña; se disuelve en el ácido nítrico con desprendimiento de vapores rojos.

El mercurio que procede directamente de los talleres metalúrgicos es una sustancia casi pura; pero el que existe en los laboratorios químicos contiene constantemente ciertos cuerpos extraños, especialmente óxido de mercurio. Con efecto, el azogue absorbe con el tiempo cierta cantidad de oxígeno del aire, y se convierte en óxido: este óxido se esparce por toda la masa cuando se agita el metal, pero aparece bajo la forma de una película de color agrisado, si el líquido está en reposo. El mercurio, cuando es puro, no moja al cristal, y sus glóbulos ruedan sobre una superficie lisa con suma facilidad sin dejar lo que se llama cola; pero si contiene cuerpos extraños ú óxido mercúrico, moja y se adhiere al cristal y á otras sustancias; haciéndole rodear sobre un cuerpo pulimentado no forma glóbulos esféricos, sino lágrimas mas ó menos alargadas.

YACIMIENTO.—Se encuentra el mercurio nativo en las minas de cinabrio, debido á la descomposicion que experimenta este mineral; por lo comun se halla amalgamado con el oro y la plata, ó bien combinado con el azufre y cloro, constituyendo respectivamente las especies llamadas cinabrio y mercurio córneo. Las minas mas notables de España, en donde existe el mercurio nativo aunque en pequeñas cantidades, son las de Almaden y Almadenejos (Ciudad Real). Existe tambien en las célebres minas de cinabrio de Idria (Austria), Ripa (Toscana), Montañas Cevennes, Montpellier y Limoges (Francia), Lisboa (Portugal), etc.

EXTRACCION DEL MERCURIO.—Casi todo el metal que circula en el comercio procede de las minas de cinabrio. Para obtener el mercurio de este cuerpo, basta mezclarlo con limaduras de hierro ó con cal, y sujetar luego la mezcla á la destilacion; en este caso el mercurio se volatiliza y se recoge en vasijas convenientes. El mercurio obtenido de esta manera no es completamente puro, siendo necesario para tenerle en este estado someterle á una serie de operaciones cuya explicacion es ajena de una obra de Mineralogía.

USOS.—El mercurio es uno de los metales mas importantes bajo el punto de vista de sus aplicaciones á la ciencia, artes é industria. Sirve, como todo el mundo sabe, para la construccion de barómetros y termómetros; para obtener los gases solubles en el agua, como el ácido hidroclórico, amoniaco, ácido sulfuroso y otros; se le destina para la preparacion de las sales mercuriales, que se emplean en medicina como anti-sifilíticas; sirve tambien para beneficiar ciertos minerales de oro y plata, y para aislar los metales alcalinos potasio, sodio, etc.; por último, se destina para la fabricacion del bermellon, y amalgamado con el estaño constituye el azogado de los espejos.

MERCURIO ARGENTAL—AMALGAMA DE PLATA NATURAL—Fórmula química Ag Hg

CARACTÉRES.—La forma dominante de esta sustancia es el cubo ó dodecaedro romboidal: su color es el blanco de plata, lustre metálico; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico análogo al del mercurio nativo. Se descompone por la accion del calor y produce por destilacion vapores de mercurio, que se condensan en la parte superior y fria del tubo donde se hace el ensayo; al soplete, y colocado sobre el carbon, se reduce á un boton de plata; soluble con facilidad en el ácido nítrico, y por medio del frote platea una lámina de cobre.

COMPOSICION EN PESO

Mercurio.	64
Plata.	36
	100

VARIEDADES.—Se presenta además de cristalizado, en masas amorfas, ó en láminas de poco espesor, en la superficie de las rocas ó minerales que sirven de ganga á los sulfuros de plata y mercurio.

YACIMIENTO.—Existe el mercurio argental en las minas de mercurio de Morsfeld y Moschel-Landsber (Baviera del Rhin) y en Izlana (Hungría). Segun la opinion del señor Naranjo y de otros mineralogistas españoles, esta especie no se encuentra en Almaden ni en Almadenejos.

La arquerita, ó sea la verdadera plata amalgamada, ha estado unida por mucho tiempo con la plata nativa, constituyendo en la actualidad una variedad de la amalgama de plata. La arquerita, sin embargo, tiene por forma fundamental un octaedro. Contiene en 100 partes, 86,49 de plata y 13,51 de mercurio. Procede de la mina de Arqueros en la provincia de Coquimbo (Chile).

USOS.—Se destinan tambien el mercurio argental como la arquerita para obtener la plata.

CINABRIO Ó BERMELLON—MERCURIO SULFURADO Ó SULFURO DE MERCURIO—Fórmula química HgS

CARACTERES.—La forma dominante del cinabrio es un romboedro agudo de 71° 48′, perteneciente al cuarto sistema: su fractura es desigual é irregularmente concóidea; color rojo de bermellon, rojo pardusco ó pardo de hígado; cuando se reducen los cristales á polvo presentan un rojo escarlata bastante pronunciado: lustre metálico diamantino en los ejemplares cristalizados; el cinabrio es tierno y susceptible de pulimento, adquiriendo en este caso un brillo metálico mate; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 8,2, densidad muy notable, puesto que los minerales dotados de cierta trasparencia son por lo comun menos pesados. Los cristales de cinabrio son trasparentes ó por lo menos traslúcidos á semejanza de la blenda, por lo que algunos le han llamado blenda roja; adquiere por el frote, cuando está aislado, la electricidad negativa. Segun la opinion de M. Descloizeaux, esta especie mineralógica se halla dotada de un eje de doble refraccion positivo, propiedad análoga á la del cuarzo cristalizado, y como este, pre-

senta, cuando se colocan láminas muy delgadas entre las de turmalina, fenómenos ópticos especiales.

El cinabrio se volatiliza por la accion del fuego sin dejar residuo; mezclado con el borato sódico, y calentado en un tubo de ensayo, produce mercurio metálico que se condensa en la parte superior y fria del tubo, en forma de pequeños glóbulos; se disuelve por completo en el agua régia, siendo inatacable por los ácidos nítrico é hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Mercurio.	84,50
Azufre.	14,75
	99,25

VARIEDADES.—Pueden establecerse entre otras mas ó menos comunes las siguientes: 1.ª Cristalizada en prismas exagonales regulares ó en romboedros truncados. 2.ª Cinabrio granudo, variedad compuesta de un grano fino, que contiene muchas veces pequeñas láminas cristalinas que se cruzan en diversas direcciones; los ejemplares de esta variedad se distinguen por su mucho peso y por el color rojo oscuro que suelen presentar. 3.ª Cinabrio compacto, en realidad no es mas que una subvariedad del anterior; la coloracion es tambien rojo-oscura con tendencia á adquirir tintas parduscas ó negras. 4.ª Cinabrio terroso ó bermellon, de un color rojo vivo ó rojo claro cuando está puro. 5.ª Cinabrio hepático ó bituminífero, variedad impura, de color pardo rojizo ó negruzco, que desprende olor bituminoso por la elevacion de temperatura. 6.ª Cinabrio fibroso, variedad sumamente rara en la naturaleza.

YACIMIENTO.—El criadero mas importante, mas antiguo y productivo del mundo es el de Almaden (Ciudad Real), constituido por varios filones de contacto que presentan una potencia de mas de diez metros, llegando en algunos sitios hasta diez y seis; los filones indicados, que han ido reuniéndose desde la superficie, constituyen hoy dos esenciales, á saber: el de *San Francisco* y el de *San Diego.* Este criadero corresponde al terreno silúrico, formado en esta localidad de pizarras y areniscas cuarzosas, dislocadas por rocas feldespáticas y anfibólicas. La ganga del cinabrio en Almaden suele ser el cuarzo, la baritina y pocas veces el espato fluor; las sustancias metálicas que van asociadas á este mineral son cobre y pirita de hierro en muy corta cantidad. Son además notables las minas de Mieres, Allen y Lena (Asturias), las cuales están enclavadas en el terreno carbonífero; en Usagre (Badajoz) se halla asociado el cinabrio á la galena, caliza y masas de lava, cuyo yacimiento es análogo en Collado (Teruel). Existe además cinabrio en terreno triásico de Aezcoa (Navarra), constituyendo parte accidental de filones de cobre; idéntico yacimiento tiene el cinabrio de Espadan (Castellon).

En el extranjero se cuentan las célebres minas de cinabrio de Idria (Austria) y Dos Puentes (Baviera renana), estando enclavadas una y otra en el terreno triásico. El criadero mas importante del extranjero descubierto hace pocos años, y que compite algun tanto con el de Almaden, se encuentra en California (América). El cinabrio de esta localidad pertenece á los terrenos primarios, y va acompañado de caliza, de hierro espático y de algunas otras sustancias. Hay tambien minas de este cuerpo en Coquimbo (Chile), entre Azoque y Cuenca (Colombia), San Onofre y San Juan de la Chica (México), en los Montes Urales y en la provincia de Yun-Nan (China).

Notabilísima ha sido y es la produccion del mercurio del distrito minero de Almaden, que comprende el término de esta poblacion y los de Almadenejos, Gargantiel y Chillon, en donde ha habido explotacion, por lo menos, desde la dominacion de los romanos en España. Segun el Sr. Naranjo, de cuya obra tomamos estos datos, el producto de azogue de Almaden y Almadenejos en los trescientos cincuenta años trascurridos desde 1512 hasta 1861, se ha elevado á la suma de 2,412.958,778 quintales. A pesar de este enorme producto la riqueza y estabilidad de las minas de Almaden son hoy mejores y mas crecientes.

USOS DEL CINABRIO.—Se emplea para la obtencion del mercurio; para la pintura y fabricacion de lápices rojos.

MERCURIO CORNEO Ó CALOMELANOS—MERCURIO CLORURADO—CLORURO DE MERCURIO—Fórmula química $Hg^2 Cl$

CARACTERES.—La forma primitiva de este mineral es un prisma de base cuadrada perteneciente al segundo sistema; su estructura es compacta, y la fractura concoidea; color gris amarillento ó gris perla, lustre mas ó menos diamantino, y fosforesce por medio de la percusion; mas duro que el yeso y menos que la caliza, estando representado su peso específico por 6,4. Por medio de una temperatura elevada se volatiliza sin dejar residuo; insoluble en el ácido nítrico, y soluble en el cloro que le convierte en bicloruro; se descompone por la accion de la luz, adquiriendo un color mas oscuro.

COMPOSICION EN PESO

Mercurio.	85,11
Cloro.	14,89
	100,00

VARIEDADES.—Se presenta en prismas de base cuadrada, apuntados por una pirámide; se halla además en pequeñas costras de color gris perla.

YACIMIENTO.—Se encuentra en los principales criaderos de cinabrio, especialmente en Almadenejos, Idria y Horzowitz (Bohemia). Naranjo le halló en la mina llamada Entredicho de Almadenejos, en una arenisca de grano fino y de color agrisado.

GÉNERO—PLOMO

Las especies de este género las divide Leymerie en tres secciones principales, á saber: 1.ª metalofanas; 2.ª litofanas; 3.ª versicoloras.

PRIMERA SECCION—METALOFANAS

Los minerales de este grupo ofrecen brillo metálico mas ó menos intenso, color gris de plomo ó de acero, dureza superior á la del yeso é inferior á la de la caliza, y peso específico comprendido entre 6 y 7, menos el plomo que, como veremos, tiene una densidad relativa representada por 11,4; se funden al soplete desprendiendo vapores sulfurosos ó de ácido selenioso (excepto el plomo); y producen sobre el carbon una aureola amarilla; todas las especies son solubles en el ácido nítrico. Los minerales mas importantes de esta seccion son los siguientes: 1.° plomo nativo; 2.° galena; 3.° plomo seleniado; 4.° Bulangarita, y 5.° Burnonita.

PLOMO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Pb

El plomo es tambien uno de los metales que se conocen desde época muy antigua. Se ha creido hasta hace poco

tiempo que este cuerpo no se encontraba nativo, sino combinado con el azufre, ácido carbónico, ácido fosfórico, etc. Hoy se ha probado hasta la evidencia que se halla aislado en Veracruz (México) y en algunas otras localidades.

CARACTÉRES.—El plomo, tal como se encuentra en el comercio, presenta un color gris azulado, lustre metálico intenso en la fractura reciente, pero que se empaña en contacto del aire; blando, flexible, eminentemente maleable y poco tenaz; se deja cortar por la navaja, y desarrolla por frotacion un olor desagradable, estando representado su peso específico por 11,4. Se funde á la temperatura de 335°, cristalizando por enfriamiento en pequeños octaedros implantados unos en otros; al calor rojo produce vapores sensibles; se disuelve en el ácido nítrico con desprendimiento de vapores rojos, é introduciendo en la disolucion una lámina de zinc, se cubre esta de partículas de plomo.

YACIMIENTO.—Se halla el plomo diseminado en rocas volcánicas ó cuarzosas, y en algunos casos en una caliza granuda atravesada por rocas basálticas. Este yacimiento tiene el plomo de Cumberland, el de Irlanda, el de Veracruz (México) y el recientemente descubierto en el Canadá. El malogrado ingeniero de minas Sr. Maestre lo encontró en el rio Ojalora (Ciudad-Real), despues de grandes lluvias, y procedente, segun opinion del mismo Maestre, de los terrenos volcánicos próximos; tambien lo halló en Pratdip (Tarragona).

USOS.—Se emplea el plomo en la fabricacion de balas y perdigones; reducido á láminas mas ó menos gruesas sirve para cubrir los edificios, azoteas, etc. Se destina además para construir tubos de conduccion de aguas: aleado con el estaño constituye la «soldadura de plomeros»; por último, se construyen con el plomo las cámaras destinadas á obtener el ácido sulfúrico; en union con el antimonio forma parte de los caractéres de imprenta, etc., etc.

GALENA—PLOMO SULFURADO—SULFURO DE PLOMO—Fórmula química PbS

CARACTÉRES.—La galena, denominada tambien «alcohol de alfareros», ofrece por forma primitiva un cubo; por lo general, se presenta hojosa, laminar y granuda; color gris de plomo, lustre metálico intenso; quebradiza, raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 7,2. Se funde con facilidad al soplete desprendiendo vapores sulfurosos, y se reduce sobre el carbon á un glóbulo de plomo, blanco, blando y maleable; soluble en el ácido nítrico, é introduciendo en la disolucion una lámina de zinc, se depositan sobre ella partículas de plomo.

La galena rara vez existe pura, sino mezclada con los sulfuros de cobre, de plata y de antimonio, que le comunican, especialmente el último, una estructura fibrosa que sustituye á la hojosa tan característica de esta especie.

VARIEDADES DE FORMAS REGULARES.—Se cuentan entre otras las siguientes: 1.ª Galena cúbica. 2.ª En octaedros sencillos ó modificados. 3.ª Cubo-dodecaédrica. 4.ª Dodecaédrica.

VARIEDADES DE FORMAS Y ESTRUCTURAS ACCIDENTALES.—1.ª Galena seudo-mórfica ó epigénica, procedente de la alteracion de la piromorfita ó de la cerusa; esta variedad ofrece la forma prismática propia de los minerales á quienes sustituye. 2.ª Galena incrustante, cubriendo cristales de espato fluor ó de caliza; por lo general, estos cristales desaparecen y dejan un molde vacío ó esqueleto mas ó menos sólido. 3.ª Galena hojosa ó laminar; esta variedad que es la mas comun, produce cubos por medio de la exfoliacion. 4.ª Escamosa, compuesta de láminas mas pequeñas ó de escamas brillantes que se cruzan en diversas direcciones. 5.ª Granuda, formada de un grano fino y muy unido, presentando al propio tiempo un color gris de acero con una ligera tinta azulada. 6.ª Compacta, de estructura lisa ó casi lisa, cuyos granos únicamente son visibles mediante una lente. 7.ª Especular, de superficie brillante y pulimentada. 8.ª Palmeada ó estriada, que ofrece una superficie cubierta de estrías anchas y divergentes.

VARIEDADES DE MEZCLAS.—1.ª Galena argentífera; esta variedad ofrece todos los caractéres exteriores de la galena, pero se presenta casi siempre en pequeñas láminas ó en granos acerados. La cantidad de plata de dichas galenas es muy pequeña, ofreciendo las mas ricas un 0,01, 0,03, pocas veces un 0,05 y mas raro un 1 por 100. Las galenas argentíferas se explotan como minas de plata. 2.ª Galena cuprífera, compuesta de un doble sulfuro de cobre y de plomo; existen además galenas seleníferas, antimoníferas, ferríferas, platiníferas y sobresulfuradas, ó sean las que contienen un exceso de azufre.

YACIMIENTO.—La galena es la única especie de plomo que se encuentra en la naturaleza formando grandes depósitos; la mayor parte de los filones de plomo se hallan enclavados en rocas pizarrosas de los terrenos primarios. En el extranjero son notables los criaderos de Cornouailles, Devonshire, Durhan y Derbyshire (Inglaterra), Huelgoat y Poullaouen (Francia), Bleiberg en Carintia (Austria), las minas de Bleiberg y de Gemund (Prusia) y otras no menos importantes.

España posee minas de galena, y aun de las demás especies del género, en todas sus provincias, excepto tal vez en la de Valladolid. Las mas productoras son: Almería, Murcia, Jaen, Málaga, Córdoba, Granada, Badajoz, Ciudad Real y Tarragona, siendo los criaderos mas notables los de Linares (Jaen) y los de Sierra de Gador y Sierra Almagrera (Almería). Los primeros forman verdaderos filones que están enclavados en el terreno silúrico; los segundos pertenecen al terciario.

La produccion de plomo en España es superior á la de toda la Europa. En 1860, por ejemplo, se obtuvo la fabulosa suma de 3.168,189 quintales métricos de mineral de plomo.

USOS DE LA GALENA.—Su aplicacion mas importante es para obtener el plomo; reducida á polvo la emplean los alfareros para barnizar las vasijas de barro, de donde toma el nombre de «alcohol de alfareros».

CLAUSTALITA Ó FILQUERODITA—PLOMO SELENIADO—SELENIURO DE PLOMO—Fórmula química Pb Se

Esta especie es sumamente rara, no habiéndose encontrado mas que en Clausthal (Harz).

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica presenta caractéres muy afines á los de la galena, pero se distinguen en el olor de berza podrida que por la accion del calor desprende el plomo seleniado.

COMPOSICION EN PESO

Selenio.	30
Plomo.	70
	100

YACIMIENTO.—Como hemos indicado, solo se ha encontrado amorfa en las minas de Clausthal y Tilkerode (Harz).

BULANGERITA (DEDICADA A BOULANGER) Ó PLUMBOSTIBA—PLOMO ANTIMONIO SULFURADO Ó SULFO-ANTIMONIURO DE PLOMO— Fórmula química $3PbS + Sb^2 S^3$

CARACTERES.— No se ha presentado hasta ahora en formas bien determinadas; color gris azulado claro, estructura fibroso-laminar ó testáceo-curva; muy blanda, puesto que se deja rayar por la caliza, siendo su peso específico de 5,96 á 6. Se funde con facilidad al soplete con desprendimiento de vapores sulfurosos y humos blancos antimoniales, y haciendo el experimento sobre el carbon, se cubre este de un círculo amarillo, debido al óxido de plomo; se disuelve en el ácido nítrico con depósito de antimonito de plomo.

COMPOSICION EN PESO

Plomo	55,57
Antimonio	24,60
Azufre	18,86
	99,03

YACIMIENTO.—Esta especie mineralógica fué descubierta por primera vez en el departamento de Gard, donde está asociada al cuarzo, pirita de hierro y estibina; posteriormente se ha encontrado en Siberia y Toscana. En España la tenemos en Losacio (Zamora).

BURNONITA Ó ENDELIONA—PLOMO-ANTIMONIO SULFURADO CUPRÍFERO—SULFO-ANTIMONIURO DE PLOMO CUPRÍFERO— Fórmula química $(Sb^2S^3, + 4PbS)\ (Sb^2)$

CARACTÉRES. — Esta especie mineralógica, que se ha dedicado al conde de Bournon, tiene por forma primitiva un prisma rectangular recto, correspondiente al tercer sistema; color gris de acero, fractura concoidea y desigual, lustre craso, y algo diamantino; raya á la caliza y se raya por el espato fluor; frágil, estando representado su peso específico por 5,7 á 5,9. Se funde al soplete desprendiendo vapores sulfurosos y antimoniales; produce un boton negro de lustre metaloide; se disuelve en caliente en el ácido nítrico.

COMPOSICION EN PESO

Plomo	39,0
Cobre	13,5
Antimonio	28,5
Azufre	16,0
Hierro	01,0
	98,0

YACIMIENTO.—Se encuentra generalmente en masas cristalinas ó en cristales bien determinados en los filones de plomo y de cobre de Cornouailles, Harz, Braunsdorf (Sajonia), Piamonte, Auvernia y México. En España se encuentra en Monte-rubio (Burgos), Garlitos (Badajoz) y en la Gargantilla de Buitrago.

SECCION SEGUNDA—LITOFANAS INCOLORAS

Las sustancias incluidas en esta seccion tienen por cuerpo mineralizador el ácido carbónico, el sulfúrico ó el cloro; son incoloras en estado de pureza, ofreciendo al propio tiempo un brillo vítreo y diamantino; la generalidad de ellas tienen muy poca dureza; son frágiles y presentan un peso específico poco superior á 6 enteros. Se funden por la accion del soplete, y algunas son solubles en el ácido nitrico. Las especies mas importantes de este grupo son las siguientes: 1.ª cerusa; 2.ª Anglesita; 3.ª querasina.

CERUSA Ó PLOMO BLANCO—PLOMO CARBONATADO—CARBONATO DE PLOMO—Fórmula química PbO, Co^2

CARACTÉRES.—La cerusa, llamada tambien albayalde natural, ofrece por forma primitiva ó dominante un prisma romboidal ó rectangular, perteneciente al tercer sistema; por lo comun presenta color blanco, algunas veces blanco amarillento, gris, pardo y en algunos casos negro, cuyo último color se debe á los sulfuros de plomo ó de plata; el brillo es vítreo y diamantino, trasparente ó trasluciente, siendo la fractura vítrea; esta especie es frágil, menos dura que el espato fluor y mas que la caliza, estando representado su peso específico por 6,6. Colocada sobre el carbon, y expuesta á la accion del soplete, decrepita, cambia de coloracion y se reduce á un boton metálico de plomo caracterizado por su blandura y maleabilidad; se disuelve en el ácido nítrico con desprendimiento de ácido carbónico, é introduciendo en la disolucion una lámina de zinc se cubre de partecillas de plomo metálico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de plomo	83,5
Acido carbónico	16,5
	100,0

VARIEDADES.—Cristalizada en prismas exagonales apuntados, que se unen muchas veces constituyendo verdaderas hemitropias análogas á las del aragonito y carbonato de barita; en algunos casos se hallan unidos formando una cruz oblicua ó una estrella de seis radios; además de estos cristales se encuentran tambien en la naturaleza formas dodecaédricas idénticas á las de la Witerita. Se presenta tambien la cerusa en masas compactas ó reniformes, cuya variedad, si se exceptúa el peso, tiene todos los caractéres exteriores de un mineral lapídeo; por último, existe esta especie en masas bacilares y aciculares, de color blanco y de brillo vítreo y diamantino muy marcado.

YACIMIENTO.—Se halla, por lo comun, asociada con la galena en las minas de plomo. En el extranjero existen cristales bien determinados de este mineral en Bretaña, los Vosgos y Languedoc (Francia), Escocia, Cornouailles, Siberia, Sajonia, Estados-Unidos, etc. En España se encuentra diseminada en los mismos puntos que la galena, siendo uno de los criaderos mas principales él de la Sierra de Cartagena ó Sancti-Spiritus, en donde hay cristales perfectamente determinados.

USOS.—Sirve para la obtencion del plomo; se emplea en la pintura, para dar el color blanco á los cuadros, siendo el mejor y mas permanente; amasada con una corta cantidad de aceite de linaza, sirve para preparar el betun de vidrieros ó sea el albayalde.

ANGLESITA—PLOMO SULFATADO—SULFATO DE PLOMO—Fórmula química PbO, SO^3

CARACTÉRES.—La anglesita, así llamada por Beudant por haber sido descubierta en la isla de Anglesea, tiene por forma dominante un octaedro que deriva del tercer sistema; su color es blanco, lustre vítreo intenso y algo diamantino; raya el yeso y se raya por la caliza. Fusible al soplete, y se reduce á metal cuando se la mezcla con la sosa y se hace el ensayo sobre el carbon.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de plomo.	73,7
Acido sulfúrico.	26,3
	100,0

VARIEDADES.—Se presenta cristalizada en octaedros ó en masas compactas y concrecionadas.

YACIMIENTO.—La anglesita se ha encontrado hasta ahora en las minas de plomo y cobre de la isla de Anglesea, en Escocia, ducado de Baden, Siberia, Harz, Pensilvania y otros puntos. En España la tenemos en las minas de Sierra Almagrera y en las de Linares.

USOS.—Se emplea, como todas las demás especies descritas del género, para la obtencion del plomo.

QUERASINA Ó FOSGENITA—PLOMO-CLORO-CARBONATADO—CARBONATO DE PLOMO MAS CLORURO DE PLOMO—Fórmula química $PbO,\ CO^2+PbCl$

CARACTÉRES.—La forma primitiva de esta especie es un prisma recto de base cuadrada, fácilmente exfoliable en direccion paralela á las caras; color blanco-amarillento ó amarillo naranjado, lustre diamantino, por lo menos en la fractura reciente; dureza idéntica á la de la caliza, y su peso específico está representado por 6,2. Decrepita por la accion del soplete, y se funde en un glóbulo opaco y de color amarillo-agrisado que por enfriamiento adquiere lustre vítreo y color blanco.

COMPOSICION EN PESO

Cloruro de plomo. . . .	51
Carbonato de plomo. . .	49
	100

YACIMIENTO.—Se encontró este mineral en Matlock, próximo á Derbyshire (Inglaterra): despues ha sido descubierto en Cumberland, Massachussets y Estados Unidos.

SECCION TERCERA—LITOFANAS VERSICOLORAS

Se hallan incluidas en este grupo todas las especies que tienen por principio mineralizador los ácidos fosfórico, crómico, molibdico y arsénico: presentan colores propios, siendo los mas comunes y dominantes el verde, rojo, amarillo y pardo; lustre vítreo ó lapídeo; son desde luego mas duras y pesadas que las litofanas incoloras; se funden al soplete y se disuelven en los ácidos con mayor dificultad. Las especies mas comunes y esenciales de esta seccion, son las siguientes: 1.ª piromorfita; 2.ª crocoisa; 3.ª mimetesa; 4.ª voquelinita; 5.ª melinosa; 6.ª vanadita.

PIROMORFITA Ó PLOMO VERDE Ó PARDO—PLOMO FOSFATADO—FOSFATO DE PLOMO—Realmente está formado por tres equivalentes de fosfato de plomo y uno de cloruro del mismo metal, pudiendo representarse su fórmula del modo siguiente: $PbCl+3(PbO^3)\ (PhO^5)$

CARACTÉRES.—La piromorfita tiene por forma primitiva ó dominante un prisma exagonal, perteneciente al cuarto sistema; sus colores constantes son el verde de yerba, ó el pardo de clavo, dando, cualquiera que sea la coloracion, un polvo agrisado por medio de la raya; lustre craso ó diamantino; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, estando representado su peso específico por 6,9 á 7. Por medio del soplete produce una perla de color gris que, por enfriamiento, cristaliza en un boton poliédrico ó sea de muchas caras; de aquí el nombre de piromorfita (de *purós*, fuego, *morfos*, forma): soluble sin efervescencia en el ácido nítrico, é introduciendo en la disolucion la lámina de zinc se precipita el plomo.

COMPOSICION DE LA DE CORNOUAILLES

Fosfato de plomo.	89,110
Cloruro de plomo.	10,074
Fosfato de cal.	0,682
Fluoruro de calcio..	0,130
	99,996

VARIEDADES.—Se presenta en cristales bacilares y aciculares de color verde de yerba; en cristales de forma exagonal, cuyo color es el mismo verde de yerba ó pardo de clavo: en masas concrecionadas testáceas, y, por lo comun, de estructura compacta en el interior. Existen además variedades de un rojo-anaranjado, cuyo color es debido á una corta cantidad de ácido crómico; la globuliforme y la botrioidal que es parda ó de un verde mas ó menos oscuro; en este último caso parece una especie de musgo.

YACIMIENTO.—La piromorfita se halla en los mismos terrenos que la galena y la cerusa. En el extranjero se encuentra en Huelgoat y Pont-Gibaud (Francia), Freiberg (Sajonia), Harz, Bohemia, Cornouailles (Inglaterra) y otras diversas localidades de Europa. En España debe existir en Losacio (Zamora) y otros criaderos análogos.

USOS.—Para la obtencion del plomo.

CROCOISA Ó PLOMO ROJO—PLOMO CROMATADO—CROMATO DE PLOMO—Fórmula química $PbO,\ CrO^2$

CARACTÉRES.—La crocoisa se presenta siempre cristalizada bien sea en láminas, ó en cristales que ofrecen la forma de prismas romboidales oblicuos pertenecientes al quinto sistema; color amarillo-naranjado ó rojo de jacinto, pero reducida á polvo ofrece el primero de estos colores; lustre diamantino, traslúcida ó diáfana, estando dotada de un gran poder refringente; menos dura que la caliza y mas que el yeso, siendo su peso específico de 6 enteros. Por medio de la accion del soplete, y colocada sobre el carbon, se cubre este de óxido de plomo; mediante la llama de oxidacion colora de verde al borato de sosa y sal de fósforo; se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico.

COMPOSICION EN PESO

	Vauquelin	Berzelius
Acido crómico.. . .	36,40	31,5
Oxido de plomo. . .	63,96	68,5
	100,36	100,0

VARIEDADES.—En realidad no se conocen mas que la cristalizada en octaedros simétricos de triángulos escalenos ó en prismas exagonales, y en láminas ó venas.

YACIMIENTO.—La crocoisa es un mineral bastante raro hasta ahora. Se encuentra en un gneis talcoso de Berezoff (Siberia) y en cuarcitas micáceas por lo comun auríferas; se ha hallado tambien en Minas-Geraes (Brasil), Zimapan (México), en Hungría y Moldavia. Existe esencialmente en la provincia de Camarines (islas Filipinas), donde le descubrió el ingeniero español Baranda; de esta localidad, y rega-

lados por el mismo, proceden los magníficos ejemplares que existen en el Museo de Historia natural de Madrid y los de la Escuela de minas.

USOS.—Idénticos á los de las especies anteriores.

MIMETESA Ó MIMETITA—PLOMO ARSENIATADO—ARSENIATO DE PLOMO—Fórmula química $3(PbO)^3 AsO^5 + PbCl$

CARACTERES.—Esta especie ha recibido el nombre de mimetesa (de *mimitas*, que quiere decir imitador), porque es isomorfa con la piromorfita y ofrece al propio tiempo el mismo aspecto que esta. La mimetesa es una sustancia vítrea, amarilla ó amarillento-verdosa; su dureza es idéntica á la del espato fluor y el peso específico de 7,2. Los demás caractéres físicos son muy análogos á los de la piromorfita; se distinguen, no obstante, muy bien por medio de las propiedades químicas; así, por ejemplo, la mimetesa produce vapores arsenicales cuando se la calienta sobre el carbon, reduciéndose al propio tiempo á un boton metálico de plomo; fundida con la sosa, produce una sal soluble que precipita en rojo por el nitrato argéntico.

COMPOSICION EN PESO

Arseniato de plomo. . . .	84,55
Fosfato de plomo.. . . .	4,50
Cloruro de plomo.. . . .	9,05
	98,10

YACIMIENTO.—Se encuentra esta especie en las minas de galena de Cornouailles, Siberia, Sajonia, Bohemia, ducado de Baden y otras localidades europeas. En España la tenemos en Asturias, Galicia, Sierra de Cartagena y Sierra Blanca, cerca de Marbella (Málaga).

VOQUELINITA Ó PLOMO CROMATADO VERDE—CROMATADO CUPRÍFERO—CROMATO DE PLOMO CUPRÍFERO—Fórmula química $(PbO)^2 Cr^2O^3 + CuO, Cr^2O^3$

CARACTÉRES.—La forma primitiva es un prisma romboidal oblicuo del quinto sistema; color verde negruzco, y reducida á polvo, de un verde claro; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico de 6,8 á 7,2. Por medio del soplete se funde en un glóbulo metálico de color gris oscuro, alrededor del cual se observan pequeños granos de plomo reducido; soluble en el ácido nítrico, dejando un residuo de color amarillo.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de plomo. . . .	60,87
Oxido cúprico.. . .	10,80
Acido crómico. . . .	28,33
	100,00

YACIMIENTO.—Existe la voquelinita en cristales confusos, asociada al plomo rojo, en Berezoff (Siberia), en Congonhas do Campo (Brasil), en Pont-Gibaud (Francia) y en la América del Norte.

MELINOSA Ó WULFENITA—PLOMO MOLIBDATADO—MOLIBDATO DE PLOMO—Fórmula química PbO, MO^3

CARACTÉRES.—La melinosa, llamada tambien *plomo amarillo*, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo del quinto sistema; el color de esta especie es amarillo ó amarillo-naranjado, lustre vítreo-resinoso; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 6,9. Se funde sobre el carbon en un glóbulo de plomo; soluble en el ácido nítrico, dejando un residuo blanco algo soluble tambien, que toma color azul, introduciendo una lámina de zinc.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de plomo. . .	61,5
Acido molíbdico. . .	38,5
	100,0

YACIMIENTO.—La melinosa es una de las especies mas raras del género Plomo, encontrándose siempre en las minas plumbíferas, especialmente en las de Carintia, Hungría, Moldavia, Zacatecas y Zimapan (México) y en Pensilvania. En España, segun Naranjo, la halló en la Sierra de Mijas, Prolongo, catedrático de Historia natural de Málaga.

VANADITA—PLOMO VANADIATADO—VANADIATO DE PLOMO—Fórmula química $(PbO)^3 VO^3$

CARACTÉRES.—La vanadita rara vez se presenta cristalizada en tablas exagonales derivadas acaso del tercer sistema; color pardo de clavo, morado, rosa ó rojo de chocolate, pero reducida á polvo tiene color blanco amarillento; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico de 6,6 á 6,9. Por medio del soplete produce una escoria negra análoga al grafito, y con la sal de fósforo da un vidrio diáfano, y de color verde de esmeralda, cuyo carácter indica la presencia del vanadio.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de plomo.	66,33
Acido vanádico.	23,44
Oxido de zinc..	9,51
Oxido de hierro.	0,16
	99,44

YACIMIENTO.—La vanadita fué encontrada por primera vez en un filon metalífero en Zimapan (México); se ha visto posteriormente en Dunfries (Escocia), Irlanda y en Berezoff (Siberia).

EXTRACCION Ó METALURGIA DEL PLOMO.—Las dos únicas especies de plomo, que en realidad se destinan á la obtencion del metal, son la galena y el carbonato de plomo ó cerusa.

El tratamiento metalúrgico de la cerusa es sumamente sencillo: se reduce á fundir el mineral mezclado con carbon en hornos especiales, denominados *hornos de manga;* el plomo en este caso se reduce con facilidad al estado metálico.

Los minerales de galena ó de algunas otras especies se sujetan préviamente á ciertas operaciones mecánicas. Luego que se extraen de la mina, se separan los fragmentos puros ó poco menos con objeto de fundirlos inmediatamente; se muelen los demás por medio de cilindros y se les criba despues con bastante esmero. De esta manera se obtiene un polvo con todas las condiciones necesarias para ser fundido; este polvo, denominado por algunos *schlich*, puede contener, segun la clase del mineral, además de plomo, azufre, arsénico ú otras sustancias. Para privar al plomo de estos cuerpos se funde mezclado con el hierro, sobre todo si las gangas son muy silíceas; cuando no existen estas, ó sean en corta canti-

dad, se prefiere el método llamado por *reaccion*, que consiste en tostar la galena, ó mejor dicho, el *schlich* en un horno de reverbero hasta que se forme óxido y sulfato de plomo; luego que se ha conseguido este resultado, se remueven perfectamente los materiales para que se mezclen bien, y activando inmediatamente la temperatura, despues de haber cerrado todas las puertas del horno; en este caso se produce una reaccion entre el sulfato y el óxido por una parte, y por la otra con el sulfato no descompuesto, cuya reaccion produce desprendimiento de ácido sulfúrico y separacion de cierta cantidad de plomo metálico.

GÉNERO—ESTAÑO

Este género solo consta de dos especies naturales, que son: la *casiterita* y la *estannina*. Antes de proceder á la descripcion de estas sustancias, estimamos oportuno decir cuatro palabras acerca del estaño.

ESTAÑO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Sn

CARACTERES.—El estaño del comercio es un metal blanco, análogo á la plata en su aspecto y lustre. Tiene un sabor y un olor especial perceptible, sobre todo cuando se le ha frotado por algun tiempo entre los dedos; es uno de los metales mas maleables, reduciéndose por el martillo á láminas muy delgadas; muy blando hasta el punto de ofrecer una dureza idéntica á la del yeso, siendo su peso específico de 7,3. Cuando se dobla una varilla de estaño produce un crujido especial, denominado *grito del estaño*, debido á la estructura cristalina que el metal ofrece en su interior, cuyas moléculas cristalinas se rompen mediante la flexion. El estaño se funde á la temperatura de 228°, y á la del rojo blanco produce vapores sensibles; fundido y enfriado cristaliza en octaedros de base cuadrada; se disuelve en el ácido hidroclórico concentrado con desprendimiento de hidrógeno; el ácido nítrico le ataca con facilidad y le convierte en ácido estannico; tratado por este mismo ácido concentrado se produce desprendimiento de bióxido nítrico, cuyo desprendimiento no se efectúa en un ácido muy diluido.

CASITERITA—ESTAÑO OXIDADO—BIOXIDO DE ESTAÑO
Fórmula química SnO^2

CARACTÉRES.—La casiterita (de *casíteros*, estaño) tiene por forma primitiva un prisma de base cuadrada, correspondiente al segundo sistema; incolora y trasparente en algunos casos, pero generalmente se presenta de color pardo negruzco, pardo amarillento, pardo rojizo y aun negro; algunos ejemplares son de un gris claro, rojo de vino ó de jacinto; lustre bastante pronunciado, pero lapídeo ó diamantino mas que metálico; raya al feldespato ortosa y se raya por el cuarzo, produce chispas con el eslabon, siendo su peso específico de 6,8 á 7. Infusible por sí sola al soplete, pero puesta sobre el carbon y mezclada con la sosa, produce un boton metálico de estaño por el fuego de reduccion; convertida en polvo se disuelve con muchísima dificultad en el ácido hidroclórico, cuya disolucion da con el cloruro de oro un precipitado de color rojo púrpura (púrpura de Casio).

COMPOSICION DE LA CASITERITA DE CORNOUAILLES
(KLAPROTH)

Bióxido de estaño.	98,60
Oxido férrico.	00,36
	98,96

VARIEDADES.—1.ª En cristales brillantes y de formas muy variadas derivadas de la primitiva, siendo, no obstante, las mas frecuentes las dodecaédricas, prismas de cuatro, ocho y hasta diez y seis caras.

2.ª Casiterita hemitropiada ó pico de estaño, forma debida al cruzamiento de dos cristales, cuyo plano de union es oblicuo al eje de los cristales, presentando un ángulo entrante muy profundo, carácter que, unido al peso relativo que ofrece la casiterita, es suficiente para separarla de ciertos ejemplares de rutilo ú óxido de titano que ofrece tambien cristales hemitropiados.

3.ª Casiterita concrecionada-fibrosa, llamada tambien estaño leñoso; esta variedad se halla en masas pequeñas globosas ó mamelonadas, de un color pardo castaña ó rojo de caoba, dotadas de estructura fibroso-radiada y formadas de capas concéntricas análogas á las que presenta el tronco de los vegetales dicotiledóneos.

4.ª Casiterita granular ó amorfa, se halla en masas compactas redondeadas, en cantos rodados pequeños ó en granos mas ó menos finos y diseminados en las arenas de los terrenos de aluvion.

YACIMIENTO.—Se encuentra la casiterita en masas constituidas de venas paralelas ó entrecruzadas entre sí y en filones que atraviesan los granitos mas antiguos, llegando hasta las pizarras de los terrenos primarios ó paleozóicos. Los criaderos mas notables de este mineral existen en Cornouailles (Inglaterra) y en Erzgebirge, cadena de montañas que separa la Sajonia de Bohemia. Se hallan tambien minas de casiterita en Zacatecas y Guanajato (México). En España hay minas de esta sustancia en Monte-Rey (Orense), Carbajales de Alba (Zamora) y en varios puntos de las provincias de Salamanca, Pontevedra y Asturias. Se cree que los fenicios extrajeron grandes cantidades de estaño de las islas Casiteridas, que estaban situadas al oeste de Galicia.

USOS.—Sirve la casiterita para la obtencion del estaño, cuyo metal se destina para la construccion de varios utensilios de cocina y mas especialmente para estañar las vasijas de cobre; reducido á láminas delgadas se emplea para envolver ciertas sustancias y preservarlas de la accion del aire y de la humedad, así como tambien para el azogado de los espejos; se usa además para la fabricacion de vasos, platos, cubiertos, etc., aleado con una corta cantidad de plomo para que de esta manera sea menos quebradizo; asociado con el cobre forma el bronce; con el plomo la soldadura de plomeros; y con el hierro la hoja de lata.

ESTANNINA Ó PIRITA DE ESTAÑO—ESTAÑO SULFURADO—SULFURO DE ESTAÑO—Fórmula química Sn. S

CARACTERES.—La estannina es una sustancia que se halla en masas laminares ó granudas de aspecto metalóide, de color gris de acero ó gris amarillento con tendencia al amarillo bronceado ó gris verdoso; el polvo que resulta de la raya es negro; mas duro que la fluorina y menos que la fosforita, siendo su peso específico de 4,5; la estannina se caracteriza además por ser frágil y por su fractura desigual é incompletamente concóidea. Se funde al soplete, cubriendo al carbon de un polvo blanco (óxido de estaño); se disuelve en el ácido nítrico con desprendimiento de vapores rojos y depósito de un polvo blanco; soluble en el ácido hidroclórico; la última disolucion da un precipitado de color rojo púrpura por medio del cloruro de oro; en la disolucion nítrica se precipita el cobre, que contiene la estannina, mediante una lámina de hierro.

COMPOSICION DE LA ESTANNINA DE HUEL-ROCK SEGUN KLAPROTH

Azufre	30,5
Estaño	26,5
Cobre	30,0
Hierro	12,0
Zinc	»
	100,0

YACIMIENTO.— Esta sustancia es muy rara en la naturaleza; se ha encontrado en las minas de estaño de Cornouailles (Inglaterra) y Pinnwald (Bohemia).

METALURGIA DEL ESTAÑO.— Para obtener este metal de la casiterita, basta quebrantarla y lavarla, despues se la tuesta con el objeto de oxidar los sulfuros y arseniuros que existen en estado de mezcla; estos últimos se separan de nuevo por medio de una segunda pulverizacion y lavado. Purificado de este modo el mineral, se trata por carbon en un crisol, y mediante el calor se reduce al estado líquido, que se recoge en vasijas adecuadas.

GÉNERO — BISMUTO

Comprende este género diversas especies, siendo las mas principales el bismuto nativo y la bismutina.

BISMUTO NATIVO — CUERPO SIMPLE — Fórmula química Bi

CARACTÉRES.— El bismuto, cuando es puro, es un metal de color blanco agrisado ó blanco de estaño, pero ofreciendo constantemente una tinta rojiza; su lustre es metálico; raya al yeso y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 9,8 á 9,9. Ofrece fractura cristalina compuesta de láminas anchas y bastante brillantes; maleable y cristaliza por fusion y enfriamiento, segun unos, en romboedros, y segun otros, en cubos que se reunen entre sí constituyendo una especie de tolva piramidal ó formas mas ó menos raras y caprichosas. Estos cristales ofrecen diversas coloraciones, notables por sus hermosos matices análogos á los de las burbujas del jabon, siendo debidos á películas muy delgadas de óxido de bismuto, que se forman en la superficie de este metal, cuando está expuesto por algun tiempo á la accion de la atmósfera. El bismuto se disuelve con efervescencia en el ácido nítrico, y si se trata esta disolucion por agua destilada, se obtiene un precipitado blanco (subnitrato de bismuto). Este metal es fusible á la temperatura de 264°; cuando pasa por enfriamiento del estado líquido al sólido, tiene la particularidad de aumentar de volúmen, ofreciendo por consecuencia mayor densidad en estado líquido, cuyo fenómeno es idéntico al del agua cuando pasa de líquida á sólida.

VARIEDADES.—El bismuto, que por lo comun está asociado al arsénico, se presenta únicamente en masas laminares que ofrecen con frecuencia indicios de romboedros cuboides, ó sea un romboedro de 87°,4'. Esta forma se ha creido por muchos mineralogistas que era un verdadero cubo, hasta que G. Rose ha determinado la verdadera cristalizacion en romboedros idénticos á los del antimonio.

YACIMIENTO.— Existe el bismuto diseminado en la baritina y el cuarzo, ó asociado á algunos minerales de plata, cobalto y plomo. Los principales criaderos de este metal se encuentran en Sajonia, Bohemia y Suecia.

USOS.—Se emplea el bismuto aleado con el estaño y plomo para la construccion de las válvulas de seguridad.

BISMUTINA — BISMUTO SULFURADO — SULFURO DE BISMUTO— Fórmula química BiS

CARACTÉRES.— La bismutina cristaliza en prismas prolongados ó en agujas alargadas y con profundas estrías longitudinales derivadas del prisma rectangular recto; su color es el gris de plomo ó gris de acero claro con irisaciones; lustre metálico intenso; es un mineral muy blando, supuesto que raya con mucha dificultad al yeso, estando representado su peso específico por 6,5. Se funde á la simple llama de una bujía; colocada sobre el carbon y expuesta á la llama del soplete, deposita un óxido metálico que, por enfriamiento, adquiere una tinta pardusca; si se agrega sosa, se produce el boton metálico de bismuto; se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico; tratada la disolucion por agua destilada, se obtiene un precipitado blanco (subnitrato de bismuto).

YACIMIENTO.—La bismutina es un mineral muy escaso en la naturaleza; se encuentra en los mismos sitios que el bismuto, estando la variedad laminar asociada al cerio en Noruega y Suecia, y á la pirita cobriza en Chile. Existe tambien esta especie en algunas minas de Cumberland y Cornouailles (Inglaterra).

EXTRACCION Ó METALURGIA DEL BISMUTO.—La única especie que se explota es el bismuto nativo, siendo el procedimiento de extraccion sumamente sencillo: consiste en calentar el mineral en vasijas cerradas; en este caso el bismuto se funde, separándose de la ganga, y se condensa por enfriamiento en la parte inferior de la vasija.

GENERO — COBRE

Este metal se encuentra libre en la naturaleza ó combinado con el oxígeno, azufre, cloro, ácido carbónico, sulfúrico, silícico, etc., formando multitud de compuestos que tienen las propiedades generales siguientes: color rojo, verde ó azul mas ó menos intenso; lustre metálico ó aspecto litoideo; dureza comprendida entre 2 y 5. Todos ellos son solubles en el ácido nítrico dando una disolucion verde ó azulada, que adquiere por el tratamiento con el amoniaco un color azul celeste; si en la anterior disolucion se introduce una lámina de hierro, se precipita sobre ella el cobre en estado metálico; sometidos á la accion del borax, producen un vidrio de color verde al fuego de oxidacion.

Siguiendo á Leymerie, dividiremos las especies de este género en los grupos siguientes: 1.° cobre nativo y óxidos de cobre; 2.° piritas cobrizas; 3.° compuestos haloideos, ó sean carbonatos, sulfatos, arseniatos, fosfatos y cloruros; 4.° silicatos.

PRIMER GRUPO Ó SECCION—COBRE Y SUS OXIDOS

COBRE NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Cu

CARACTÉRES.— Este metal, conocido desde la mas remota antigüedad, ofrece los siguientes caractéres: se presenta con frecuencia cristalizado en octaedros ó dodecaedros, derivados del sistema cúbico; su color es rojo característico; si se reduce á una lámina muy delgada adquiere cierta trasparencia, y mirado en este caso por refraccion, ofrece un color verde intenso; lustre metálico en la fractura reciente; raya á la plata y al oro y se raya por el hierro, pudiendo representarse su dureza por el número 3 de la escala relativa de Mohs; el cobre es uno de los metales mas dúctiles, maleables y tenaces; desarrolla por frotacion un olor particular, y su peso específico es de 8,7. Se funde á la temperatura del

rojo, produciendo al calor blanco vapores muy sensibles que arden en contacto del aire con una llama verde; expuesto á una atmósfera húmeda se altera, especialmente si hay ácido carbónico, y se cubre de una capa verde que algunos impropiamente denominan cardenillo: se disuelve fácilmente en el ácido nítrico con desprendimiento de vapores rojos (bióxido nítrico), dando una disolucion verdosa que, como hemos dicho, toma un color azul celeste por medio del amoniaco, así como si se introduce en la indicada disolucion una lámina de hierro se cubre de una ligera capa de cobre.

VARIEDADES.— Se presenta el cobre en la naturaleza de diversas maneras: 1.ª cristalizado en octaedros y dodecaedros sencillos ó modificados en sus aristas y ángulos sólidos; 2.ª cobre dendrítico, resultado del cruzamiento de pequeños cristales; 3.ª filiforme, y 4.ª cobre de cementacion: existe además amorfo, en granos diseminados y en masas considerables.

YACIMIENTO.—La generalidad de las minas conocidas de cobre están enclavadas en el terreno primario ó paleozóico. Las mas notables del extranjero son las de Ekatarenibourg (Montes Urales), las de Cornouailles (Inglaterra) y las del Lago Superior (Estados-Unidos); de estas tres localidades, especialmente de la última, proceden los hermosos ejemplares cristalizados que existen en algunas colecciones mineralógicas. Se encuentra además el cobre nativo en Noruega, Suecia, Chile y Bolivia, de cuyo último punto procede el magnífico ejemplar que existe en el museo de Historia Natural de Madrid; masa considerable de 100 kilógramos con algunos cristales dodecaédricos. En España tenemos el cobre nativo cristalizado en octaedros en las célebres minas de Riotinto (Huelva), sobre todo en la mina llamada Tharsis. En Linares (Jaen), en Santiago de Cuba (isla de Cuba), se halla en granos, á veces de gran magnitud, y en mas pequeña cantidad en Sierra Nevada y en el distrito de Lepanto (islas Filipinas); por último, segun el Sr. Santos, existe en las minas del Jaroso (Sierra Almagrera), bajo la forma de placas.

USOS.—Las aplicaciones del cobre han sido numerosas y variadas desde la mas remota antigüedad hasta el presente; se usa en el estado nativo, como todo el mundo sabe, para la acuñacion de la moneda (1); sirve para dar dureza á la plata y oro, cuyos metales aislados son muy blandos; aleado con el zinc forma el laton, aleacion conocida tambien con los nombres de similor, plaqué amarillo, oropel, tombac, etc., cuyas sustancias son susceptibles de infinidad de aplicaciones; unido con el estaño forma el bronce y la estañadura de cobre; por último, se utiliza el cobre para la fabricacion de utensilios de cocina, tales como calderas, cacerolas, cazos, etc.; sirve además para la fabricacion de planchas de grabado, galvanoplastia, etc.

Los usos del bronce son muchos y variados; se emplea en la acuñacion de la moneda, medallas, estatuas, cañones, péndulos y objetos de adorno. Su sonoridad se utiliza para la fabricacion de campanas, tantanes chinos, etc. Si la cantidad de estaño es muy pequeña, resulta una aleacion de color amarillo muy agradable que se emplea para imitar ciertos objetos de bisutería. El bronce que se destina para la construccion de estatuas no consta solamente de cobre y estaño, sino tambien de cierta cantidad de zinc y de plomo; así, por ejemplo, la antigua estatua de Napoleon I estaba formada de una aleacion en que habia 84,8 de cobre, 5,8 de estaño, 2 de zinc y 3,7 de plomo. La presencia de este último metal facilita el trabajo del buril. Las medallas de bronce contienen de 90 á 95 de cobre y 5 á 10 de estaño; las monedas 95 de cobre, 4 de estaño y 1 de zinc. El bronce de cañones se compone de 90,09 de cobre y 9,91 de estaño.

El laton comun ú ordinario se compone de dos partes de cobre y una de zinc, ó sea de 66 del primero y 33 del segundo; el similor ú oro de Manheim contiene 82 de cobre, 8 de estaño y 10 de zinc; el tombac que se emplea en los objetos de lujo que se doran está compuesto de 86 ó 90 de cobre y de 14 ó 10 de zinc; el denominado oropel ofrece próximamente la misma composicion (2).

(1) Véase el oro y la plata.

ZIGUELINA Ó COBRE ROJO—COBRE OXIDADO—ÓXIDO Ú OXÍDULO DE COBRE—Fórmula química $Cu^2 O$

CARACTÉRES.—La ziguelina (de la palabra alemana *ziguelerz*, quiere decir mina de color de ladrillo) ofrece por forma primitiva un octaedro ó un cubo; el color de esta sustancia es el rojo de cochinilla en los cristales trasparentes, pero en los opacos ó cuando se presenta en masas tiene un color de hierro, dando todos los ejemplares por la raya un rojo intenso; la ziguelina es mas dura que la caliza y menos que el espato fluor, estando representado su peso específico por 6 enteros. Se funde al fuego de oxidacion en un glóbulo negro, y al de reduccion en un glóbulo de cobre; comunica á la llama del soplete un color verde; produce con el borax y mediante el fuego de reduccion, un vidrio incoloro que adquiere muy pronto el color rojo de cobre ó de ladrillo, mientras que al fuego de oxidacion da un vidrio de un verde de esmeralda; soluble con efervescencia en el ácido nítrico, cuya disolucion toma un color azul si se la trata por el amoniaco.

COMPOSICION EN PESO

Cobre.	88,78
Oxígeno.	11,22
	100,00

VARIEDADES DE FORMA.—1.ª La ziguelina cúbica, variedad bastante rara. 2.ª Octaédrica. 3.ª Cubo-octaédrica. 4.ª Dodecaédrica y alguna otra.

VARIEDADES DE FORMAS Y ESTRUCTURAS ACCIDENTALES.—1.ª Capilar, constituida de agujas sumamente finas de un rojo vivo ó de cochinilla y de lustre sedoso. 2.ª Laminar, compuesta de un tejido ó estructura hojosa mas ó menos manifiesta. 3.ª Compacta, se presenta en masas de aspecto ó apariencia vítrea y en algunos casos resinosa; esta variedad, llamada tambien cobre rojo vítreo ó piciforme, se halla en masas de alguna magnitud, y ofrece algunas veces geodas tapizadas por cristales de la misma ziguelina. 4.ª Terrosa, de estructura térrea y de un color y

(2) Raros son los metales que se usan aislados, siendo desde luego entre otros el hierro, cobre, platino, plomo, zinc, aluminio y mercurio. Pero la mayor parte de ellos son tan blandos que no pueden emplearse solos; tal es lo que se observa con el oro y la plata, metales que necesitan asociarse á una pequeña cantidad de cobre, suficiente, sin embargo, que contribuye en primer término á disminuir el valor excesivo de estos cuerpos, y en segundo á comunicarles cierto grado de dureza. En general las aleaciones se oxidan con menos facilidad que los metales que las constituyen; así, por ejemplo, el bronce se oxida mucho menos que el cobre y el estaño; en el mismo caso se encuentra el laton respecto de los dos metales que le forman. La mayor ó menor oxidacion de las aleaciones se halla relacionada tambien con la electricidad idéntica ó diferente de los metales que las constituyen; si están dotados de electricidades diferentes se oxidan mas pronto, como se observa con la aleacion de Reaumur, compuesta de antimonio y de hierro, cuyos metales ofrecen diversas electricidades; otro tanto se nota entre el zinc y el antimonio y en otros varios cuerpos.

aspecto análogo al de las tejas, ó ladrillo reducido á polvo: esta variedad comunmente está mezclada con óxidos de hierro y arcillas ferruginosas.

YACIMIENTO.—El cobre rojo ó ziguelina se encuentra casi siempre en las minas de cobre nativo, de piritas ó de carbonatos de este metal. Se presenta en venas ó en filones en las rocas graníticas, pizarras cristalinas y en los terrenos primarios. Los mejores criaderos de esta sustancia son los de Cornouailles, en donde ofrece magníficos cristales cúbicos, octaédricos, etc., los de Chessy y Saint-Bel próximo á Lion (Francia), los de Siberia, Perú, Chile y Australia. En España le tenemos en Linares (Jaen), Zaragoza, Córdoba y Tarragona; existe tambien en Cuba y en las islas Filipinas.

USOS.—Este mineral es uno de los mas estimados para la extraccion del cobre, porque en 100 partes contiene próximamente 89 de metal.

MELACONISA Ó COBRE OXIDADO NEGRO—ÓXIDO DE COBRE—Fórmula química Cu O

CARACTÉRES.—La melaconisa (de *melas*, negro, y *conis*, polvo), es un mineral escaso y sin forma determinada; en realidad no es mas que el óxido cuproso que en contacto de la atmósfera se trasforma en deutóxido, mezclándose al propio tiempo con óxidos de hierro y de manganeso. La melaconisa ofrece una estructura granuda ó terrosa, tizna ó mancha los dedos, su color es pardo oscuro ó casi negro. Se funde al soplete en una escoria negra, y se disuelve en el ácido sin producir efervescencia.

COMPOSICION EN PESO

Cobre.	80
Oxígeno.	20
	100

YACIMIENTO.—Se encuentra la melaconisa en Chessy (Francia), Rudolstadt (Silesia), y en algunas otras localidades.

SEGUNDA SECCION—PIRITAS

Los minerales comprendidos en esta seccion, producen tratados por el soplete un olor sulfuroso, aliáceo ó de berza podrida, y desprenden vapores blancos de antimonio; ofrecen diversos colores, siendo los mas comunes el amarillo, pardo rojizo ó azulado y gris; lustre metálico mas ó menos aparente; dureza superior á la de la caliza, y peso específico comprendido entre 4 y 5. Son fusibles, y se disuelven en todo ó en parte en el ácido nítrico, dando por el amoniaco y otros reactivos los caractéres que hemos indicado al hablar del cobre. Las especies principales de este grupo son las siguientes: 1.ª Calcopirita; 2.ª Filipsita; 3.ª Calcosina; 4.ª Panabasa; 5.ª Tenantita, constituyendo estas dos últimas una seccion particular, á la que se denomina cobres grises.

CALCOPIRITA Ó PIRITA COBRIZA—COBRE Y HIERRO SULFURADO—SULFURO DE COBRE Y DE HIERRO—Fórmula química CuS+FeS

CARACTERES.—La calcopirita (de *jalcos*, cobre, y *purós*, fuego), tiene por forma primitiva un tetraedro ó esfenoedro que derivan del segundo sistema cristalino; color amarillo de oro, ó de laton ó de yema de huevo y con una ligera tinta verdosa; reducida á polvo, tiene color negro; lustre metálico intenso; muy agria, aunque no tanto como la pirita de hierro; su dureza es idéntica á la del espato fluor é inferior á la de la fosforita, siendo su peso específico de 4,1 á 4,3. Se funde al soplete, con desprendimiento de vapores sulfurosos, en un glóbulo negro, agrio y magnético; si se trata este glóbulo por la sosa, se obtiene un boton de cobre; soluble en el ácido nítrico, tomando la disolucion un color azul por medio del amoniaco, precipitándose al propio tiempo óxido de hierro.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de H. Rose	Id. de Berthier	Idem de Hartwall
Azufre.	35,87	30,80	36,33
Cobre..	34,40	34,00	32,20
Hierro.	30,47	32,00	30,03
Sílice.	0,27	2,00	2,23
	101,01	98,80	100,79

VARIEDADES DE FORMA.—1.ª Cristaliza en esfenoedros sencillos ó modificados, originándose en este último caso un octaedro de base cuadrada muy parecido al octaedro regular derivado del cubo; 2.ª prismas de base cuadrada con truncaduras en las aristas y ángulos sólidos.

VAPIEDADES DE FÓRMAS Y ESTRUCTURAS ACCIDENTALES.—1.ª Dendrítica, con matices de diversos colores. 2.ª Masas tuberculosas ó mamelonadas, de aspecto bronceado en la superficie, ofreciendo una fractura mas empañada que las restantes variedades. 3.ª Masas compactas ó amorfas, de colores irisantes y superficiales, debidos á un principio de alteracion.

YACIMIENTO.—La calcopirita, que es una de las especies menos ricas en cobre, se encuentra muy abundante en las pizarras cristalinas, gneis, pizarras talcosas y en las arcillosas, ó bien en venas ó formas arriñonadas en ciertos terrenos de sedimento atravesados por rocas eruptivas, especialmente serpentínicas. Los criaderos mas importantes existen en Cornouailles (Inglaterra), Falun (Suecia), Roraas (Noruega), Kaafiord y Orijerfvi (Finlandia), Freiberg (Sajonia), Monte-Catini (Toscana), Chessy, Saint-Bel y otras localidades de Francia. En España se encuentra en Riotinto (Huelva), Córdoba, Murcia, Zaragoza y otras provincias.

USOS.—Para la extraccion del cobre.

FILIPSITA, COBRE ABIGARRADO Ó COBRE PIRITOSO HEPÁTICO—COBRE Y HIERRO SULFURADO—SULFURO DE COBRE Y DE HIERRO—Fórmula química CuS+FeS

La composicion elemental de esta especie, es igual á la de la anterior, siendo la cantidad de hierro menor en la filipsita que en la calcopirita.

CARACTÉRES.—La filipsita, confundida por algun tiempo con la calcopirita en unos casos y en otros con la calcosina, ofrece los siguientes caractéres: forma primitiva, el cubo ó cubo octaedro, perteneciente al sistema cúbico; color pardo rojizo ó sea un término medio entre el rojo de cobre y el pardo del tombac y con tintas verdosas, moradas y azuladas en la fractura reciente; el lustre es metaloideo; frágil, blando ó de una dureza idéntica á la de la caliza, y de un peso específico representado por 5. Fácilmente se concibe que los caractéres químicos de esta especie han de ser idénticos á los de la pirita cobriza, de la que se distingue por el lustre metaloideo y por su coloracion abigarrada.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Filips	Idem de Plattner
Cobre.	61,07	56,76
Hierro.	14,00	14,84
Azufre.	23,75	28,24
	98,82	98,84

VARIEDADES.—Rara vez se presenta en cristales aislados ó agrupados constituyendo hemitropias; por lo general se halla amorfa, ó en forma de riñones diseminados en capas de poco espesor é incrustante en la superficie de determinadas rocas ó de los mismos minerales de cobre. Se encuentra asociada á la especie anterior en las minas de cobre de Cornouailles, de donde proceden los ejemplares cristalizados, en las de Toscana, Siberia, Bannato (Hungría), Chile, Cuba, etcétera.

USOS.—Para la obtencion del cobre, siendo desde luego mas apreciada que la pirita, por cuanto contiene un 60 por ciento de cobre.

CALCOSINA Ó COBRE VITREO—COBRE SULFURADO —SULFURO DE COBRE—Fórmula química CuS

CARACTERES.—La calcosina, denominada tambien *cobre brillante*, ofrece por forma primitiva un prisma exagonal derivado del cuarto sistema cristalino; color gris de hierro mas ó menos oscuro, ó gris de plomo negruzco y con irisaciones verdes y azuladas; lustre metaloideo, muy blanda, especialmente las variedades que contienen plata, raya al yeso y se raya por la caliza, adquiriendo por la raya un brillo mas intenso; su peso específico es de 5,7. Cuando es pura se funde á la llama de una bujía y se disuelve fácilmente en el ácido nítrico, dando por el amoniaco el color azul celeste. Pocas veces esta sustancia se halla en estado de pureza, estando, por el contrario, casi siempre mezclada con sulfuros de plata y de hierro.

COMPOSICION DE LA DE SIBERIA (KLAPROTH)

Cobre. . . .	78,50
Hierro. . . .	2,25
Azufre. . . .	18,50
	99,25

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas exagonales sencillos ó modificados en los ángulos sólidos ó en las aristas básicas. 2.ª Masas laminares y compactas, de aspecto vítreo y que adquieren un color negruzco cuando están expuestas por algun tiempo á la accion de la atmósfera. Existe además una variedad de color gris de acero y muy blanda, cuya variedad suele contener hasta un 52 por 100 de plata, por lo que, y atendiendo á otras particularidades, M. Rose ha formado con ella la especie llamada *estromeyerina*.

YACIMIENTO.—La calcosina es un mineral que se encuentra generalmente como elemento accidental en los diferentes criaderos de cobre de Cornouailles, Montes Urales, Hungría, etc.

USOS.—Es una de las especies mas apreciadas para la obtencion del cobre, supuesto que además de contener un 78 por 100 de este metal, se presenta algunas veces en masas ó filones de bastante espesor.

COBRES GRISES

Se da la denominacion de *cobres grises* á todas las sustancias formadas por un sulfuro de cobre combinado con otro sulfuro de arsénico ó de antimonio. Estos minerales se caracterizan porque comunmente ofrecen un color gris de hierro ó de acero y por desprender, mediante el calor, vapores blancos arsenicales ó antimoniales, ó los dos á la vez. Cristalizan en formas pertenecientes al sistema cúbico, presentando formas tetraédricas las sustancias compuestas de antimonio, y cúbicas ú octaédricas las constituidas por el arsénico; las primeras corresponden á la especie denominada panabasa ó cobres grises propiamente dichos, y las segundas á la tenantita.

PANABASA Ó TETRAEDRITA

La panabasa (de *pan*, todo, *basis*, base, que quiere decir muchas bases), puede considerarse como un sulfo-antimoniuro de cobre, en el que casi siempre hay zinc, plata, hierro y arsénico que sustituye en parte al antimonio. Su fórmula esencial se expresa del modo siguiente: $(Sb^2S^3 + 8Cu^2S) + (Sb^2S^3 + 2ZnS)$.

CARACTÉRES.—Las formas dominantes de esta especie son el tetraedro, el dodecaedro trapezoidal y el tetraedro piramidado, y rara vez los dodecaedros romboidales; fractura granuda ó compacta; color gris de plomo ó de acero claro, hasta el gris oscuro ó negro de hierro, siendo el polvo que resulta de la raya negruzco, y con tinta rojiza en los ejemplares que contienen bastante cantidad de sulfuro de zinc; la dureza varía entre tres y cuatro, variando tambien el peso específico, supuesto que hay ejemplares de 4,3 y otros de 5,2. Se funde al soplete produciendo una escoria negra y magnética, desprendiendo vapores antimoniales bastante abundantes, á veces acompañados de los arsenicales; si se trata la indicada escoria por la sosa, se obtiene un boton metálico de cobre; se disuelve en el ácido nítrico con depósito de un precipitado blanco (ácido antimonioso); esta disolucion da un precipitado azul de Prusia por el ferro-cianuro potásico, acusando tambien con frecuencia la plata y el zinc mediante los reactivos especiales de estos dos cuerpos.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Berzelius
Azufre.	25,30
Antimonio.	25
Arsénico..	1,50
Cobre.	34,30
Hierro.	1,70
Zinc.	6,30
Plata..	0,70
	94,80

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en tetraedros sencillos ó truncados en los ángulos sólidos y en las aristas, dando orígen á cubo-octaedros, dodecaedros trapezoidales, etc. 2.ª Masas amorfas, de fractura compacta ó finamente granuda. Algunos autores, teniendo en cuenta la composicion elemental y el color, aceptan las siguientes variedades: 1.ª Panabasa antimonífera, de color oscuro, no contiene plata, ó si la lleva es en muy corta cantidad; esta variedad, que es la mas comun, esparce humos blancos antimoniales muy abundantes y se funde en un glóbulo gris, y, por lo general, magnético. 2.ª Panabasa argentífera, contiene bastante cantidad de plata que sustituye al cobre; esta variedad suele llamarse por los mineros «plata gris.» 3.ª Panabasa hidrargirífera, que contiene mercurio en cantidad variable, ó sea de 1 á un 16 por 100.

YACIMIENTO.—La panabasa se encuentra como la tenantita, en los terrenos primarios ó paleozóicos, acompañada casi siempre de los cobres piritosos y de los sulfuros de plomo, de plata y de zinc. Los criaderos de Europa mas importantes existen en Cornouailles, Hungría, Transilvania, Sajonia, Nassau, ducado de Baden, Gardeta, Chalanches y Baigorri (Francia). En España tenemos la panabasa en Castuera (Badajoz), Capileira, Huejar y Lanteira (Granada), Nijar y Sorbas (Almería), Orihuela (Murcia), Torres (Teruel), Calcena (Zaragoza) y otras localidades.

USOS.—Para la extraccion del cobre.

TENANTITA—COBRE GRIS ARSENÍFERO, SULFO-ARSENIURO DE COBRE—Fórmula química $(As^2S^3+8Cu^2S)+(As^2S^3+bFeS)$

CARACTÉRES.—La tenantita, como hemos dicho, cristaliza en cubos ó dodecaedros romboidales; su fractura es granuda y desigual; color gris oscuro, y en algunos ejemplares casi negro; el polvo es de un gris rojizo oscuro; lustre menos intenso que el de la panabasa, siendo su dureza igual á la de la caliza y el peso específico de 4,5; al soplete decrepita, produce vapores arsenicales abundantes, y se funde en una escoria negra y magnética; se disuelve en el ácido nítrico.

COMPOSICION DE LA TENANTITA, SEGUN FILIPS

Azufre.	30,25
Arsénico.	12,46
Cobre.	47,70
Hierro.	9,75
Zinc.	indicios
Plata.	idem
	100,16

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en dodecaedros romboidales sencillos ó modificados. 2.ª Masas amorfas. La variedad que hemos llamado «panabasa argentífera» corresponde mas bien á esta especie que á la anterior; fué descubierta por Vauquelin en las minas de Guadalcanal (Sevilla), siendo su color mas claro que el de las variedades amorfas y cristalizadas.

YACIMIENTO.—Idéntico al de la panabasa, hallándose bien cristalizada en Cornouailles, Tirol, Noruega, etc. En España existe en las mismas localidades que la especie anterior.

USOS.—Para obtener el cobre.

TERCER GRUPO Ó SECCION—ESPECIES HALOIDEAS

Inclúyense en este grupo todos los compuestos de cobre que tienen por principio electro-negativo el cloro, los ácidos carbónico, sulfúrico, fosfórico, arsénico, excepto el ácido silícico. Por lo comun presentan color verde y muy rara vez azul. Se funden al soplete y se disuelven en el ácido nítrico y alguna de las especies en el agua; su dureza es de 2,5 á 4,5, y el peso específico de 3 á 4. Las principales sustancias pertenecientes á este grupo son las siguientes: 1.ª malaquita; 2.ª azurita; 3.ª atacamita; 4.ª olivenita; 5.ª aferesa, y 6.ª cianosa.

MALAQUITA—COBRE VERDE Ó VERDE DE MONTAÑA, COBRE CARBONATADO, CARBONATO DE COBRE HIDRATÍFERO—Fórmula química $(CuO)^2\ CO^2+HO$

CARACTÉRES.—La malaquita ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo perteneciente al quinto sistema; color, por lo comun, verde de esmeralda ó verde de prado, siendo el polvo de un verde mas claro: lustre vítreo en los ejemplares cristalizados, sedoso y algo diamantino en los de estructura fibrosa ó acicular; su dureza es menor que la del espato fluor y mayor que la del yeso y de la caliza, estando representado su paso específico por 3,6 á 4. Produce agua y se ennegrece si se la calienta en un tubo de ensayo ó en un matraz. Mediante el fuego de oxidacion se convierte en un glóbulo negro que se funde, mezclado con el borax, en un vidrio de color verde de esmeralda; por el fuego de reduccion da un boton metálico de cobre; soluble, con efervescencia, en el ácido nítrico, adquiriendo esta disolucion el color azul característico por medio del amoniaco.

COMPOSICION EN PESO

Acido carbónico.	20,25
Oxido de cobre.	70,10
Agua.	8,43
	99,08

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas romboidales oblicuos, formas muy raras en la naturaleza, siendo las comunes las que resultan de una epigenia de la azurita ó de la ziguelina. 2.ª Acicular ó fibrosa, consta de agujas terminadas en puntas de varias facetas, ó bien fibras divergentes, constituyendo una especie de estrellas, borlas ó penachos sedosos. 3.ª Masas concrecionadas mamelonadas, compuestas de capas concéntricas, ligeramente estriadas y de diversa coloracion; algunas veces presentan venas ó dendritas negruzcas que producen un efecto agradable sobre el fondo verde. 4.ª Malaquita compacta ó verde de montaña, que no viene á ser mas que la misma fibrosa de estructura muy fina. 5.ª Terrosa, rara vez es pura, estando mezclada casi siempre con materias térreas; se la conoce tambien con los nombres de verde ó ceniza de montaña.

YACIMIENTO.—La malaquita se encuentra subordinada á los filones metalíferos, especialmente á los de cobre; las variedades terrosas y concrecionadas existen mezcladas con arenas y arcillas pertenecientes al terreno secundario. Se halla en grandes masas en Siberia (Montes Urales), de donde proceden los magníficos ejemplares que se destinan para la fabricacion de objetos de adorno; existen variedades fibrosas y concrecionadas en Bohemia, Sajonia, Chessy y Lyon (Francia). En España la tenemos en Torres y Collado de la Plata (Teruel), Orihuela (Murcia), y Linares (Jaen).

USOS.—Las concrecionadas procedentes de las minas de Nischne-Tagilsk y de Goumeschefski (Siberia) se tallan para la construccion de objetos de adorno, tales como tableros de mesa, chimeneas, vasos, zócalos, adornos de cofrecillos, cajas, etc., que llegan á ser muy estimadas y de gran precio á causa de la belleza y escasez de estas variedades.

AZARITA—COBRE CARBONATADO AZUL, CARBONATO DE COBRE—Fórmula química $(CuO)^2$, $2Co^2$, $+HO$

CARACTÉRES.—La forma primitiva de la azurita es un prisma romboidal oblicuo del quinto sistema; color azul intenso ó azul de índigo: lustre vítreo pronunciado; raya á la caliza y se deja rayar por la fluorina, estando representado su peso específico por 3,8 á 4. Por medio del fuego y de los líquidos produce los mismos fenómenos que la malaquita.

COMPOSICION EN PESO

Acido carbónico. . . .	20,25
Oxido de cobre. . . .	70,10
Agua.	8,43
	98,78

VARIEDADES.— Se conocen las siguientes: 1.ª Cristalizada en prismas romboidales oblicuos, por lo general cortos; ó bien, prismas tabulares, cuyas caras primitivas están poco aparentes y ofrecen al propio tiempo estrías mas ó menos profundas; las formas ó caras secundarias son notables por su brillo intenso. 2.ª Acicular ó fibroso-radiada, se presenta en formas mamelonadas ó globulosas compuestas de cristales muy finos que convergen en un punto comun. 3.ª Compacta ó concrecionada, llamada piedra de Armenia, cuya variedad está mezclada con arcillas. 4.ª Azul de montaña ó cenizas azules, si está unida á sustancias térreas.

YACIMIENTO. — Esta especie mineralógica se halla tambien subordinada á los filones metalíferos que contienen minerales de cobre. Los criaderos mas notables se encuentran en Sajonia, Siberia, Hungría, Bannato, Montes Urales y en Chessy, departamento de Lyon (Francia). En España existe la azurita en Teruel, término de Onis (Asturias) y otras localidades.

USOS.— Se destina, como la especie anterior, para la fabricacion de objetos de adorno, como materia colorante, y para la extraccion del cobre.

La misorina, así denominada, porque se descubrió por primera vez en Mysore (Indostan), se presenta en masas amorfas de estructura laminar; color pardo oscuro mezclado con bandas verdes debidas á la malaquita; raya al espato fluor y se raya por la fosforita, siendo su peso específico de 2,6. Se funde al soplete, y mezclada con la sosa produce un boton de cobre; soluble con efervescencia en el ácido nítrico, depositándose al propio tiempo óxido de hierro: no da agua por la elevacion de temperatura.

COMPOSICION EN PESO

Acido carbónico. . . .	16,70
Oxido de cobre. . . .	60,75
Idem férrico.	19,50
Sílice.	2,10
	99,05

Beudant supone que la misorina es la malaquita que ha perdido el agua por la accion del calor.

ATACAMITA — COBRE CLORURADO DE HAUY — CLORURO DE COBRE HIDRATADO — Fórmula química $CuCl + 3CuO + 3HO$

CARACTÉRES.—La atacamita se presenta casi siempre en cristales capilares que derivan del prisma romboidal recto; su color es el verde de esmeralda, de prado ó verde de aceituna, lustre vítreo pronunciado, trasluciente ú opaca y quebradiza; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico de 4 á 4,3. Da agua por medio de la calcinacion; comunica á la llama del soplete un color verde azulado; se funde con facilidad sobre el carbon reduciéndose á un boton de cobre; se disuelve en el ácido nítrico sin producir efervescencia.

COMPOSICION EN PESO

Cloro.	16,12
Cobre.	14,56
Oxido de cobre. . . .	56,23
Agua.	11,99
Mezclas.	1,10
	100,00

VARIEDADES. — Se presenta la atacamita en masas aciculares rectas ó radiadas, concrecionada y en arenas.

YACIMIENTO. — Esta especie mineralógica fué introducida en Europa en estado pulverulento con el nombre de *arena verde del Perú*. Procede de los yacimientos de Tarapaca y Cobija, situados en el desierto de Atacama en Bolivia ó Alto Perú, en Copiapó, Santa Rosa, Huasco y Soledad (Chile). En Europa existe en Sajonia, y en las lavas del Vesubio y del Etna. En España la tenemos en las minas del filon Jaroso (Sierra Almagrera).

USOS.—En los países en que es muy abundante, tales como Tarapaca, Cobija y Tocopilla (Bolivia), sirve para la extraccion del cobre.

OLIVENITA— COBRE ARSENIATADO PRISMÁTICO Ó COBRE ARSENIATADO EN OCTAEDROS AGUDOS DE HAUY — ARSENIATO DE COBRE— Fórmula química $(CuO)^4 AsO^5$

CARACTÉRES. — Esta especie mineralógica, que es isomorfa con la *aferesa* ó fosfato de cobre, cristaliza en prismas rectos romboidales pertenecientes al tercer sistema; color verde oscuro, verde de aceituna ó de pistacho, siendo el polvo que resulta de la raya de un verde claro de aceituna; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, estando representado su peso específico por 4,6. Se funde sobre el carbon en un boton metálico de cobre; soluble sin efervescencia en el ácido nítrico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de cobre. . . .	56,5
Acido arsénico. . . .	39,5
Agua.	4,0
	100,0

VARIEDADES.—Se presenta en prismas cuneiformes ó en masas pequeñas aciculares.

YACIMIENTO. — Se encuentra en las minas de cobre de Cornouailles (Inglaterra), Chessy, departamento de Lyon (Francia), Zinwald (Bohemia) y Nischne-Fagilsk (Siberia).

Corresponden además á esta especie, ó se consideran como arseniatos de cobre no definidos la eriuita, aferesa, eucroita, conicalcita y liroconita.

AFERESA—COBRE FOSFATADO OCTAÉDRICO—FOSFATO DE COBRE HIDRATADO—Fórmula química $3(CuO^4) PhO^5 + CuO\ HO$

CARACTÉRES.—La aferesa es una de las especies mas raras del género; cristaliza en prismas rectos romboidales derivados del tercer sistema; color verde oscuro, trasluciente y de un brillo craso ó vítreo; su dureza es idéntica á la del espato fluor, y el peso específico de 3,6 á 3,8. Se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico, y tratada la disolucion por el molibdato amónico, da un precipitado amarillo.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de cobre	66
Acido fosfórico	30
Agua	4
	100

Yacimiento.— La aferesa fué descubierta en una pizarra micácea de Libethen (Hungría), por cuya razon varios mineralogistas alemanes la denominan *libetina;* existe tambien en Cornouailles y Montes Urales.

La hipoleina, la ehlita y la trombolita no son mas que fosfatos de cobre hidratados idénticos á la aferesa.

CIANOSA—CAPARROSA Ó VITRIOLO AZUL— COBRE SULFATADO HIDRATADO—SULFATO DE COBRE HIDRATADO—Fórmula química CuO,SO^3+HO

Caracteres.—La forma primitiva de esta especie es un prisma oblicuo no simétrico correspondiente al sexto sistema cristalino; por lo comun, se presenta en costras cristalinas ó masas fibrosas de color azul celeste; lustre vítreo y trasluciente; raya al yeso y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 2,1, densidad sumamente pequeña si se tiene presente que corresponde á las sustancias metálicas. Atendiendo á esta particularidad, así como á que es un mineral soluble en el agua á temperatura y presion ordinaria, Werner, Leymerie y otros autores incluyen esta especie en la clase que denominan *sales.* La cianosa, como se acaba de indicar, se disuelve en cuatro veces su peso de agua fria, á la que comunica un sabor metálico ó estíptico muy pronunciado; esta disolucion acuosa da, por evaporacion, prismas oblicuos no simétricos; en contacto del aire se efloresce perdiendo sus cinco equivalentes de agua, y se vuelve opaca.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de cobre	32
Acido sulfúrico	32
Agua	36
	100

Yacimiento.—La cianosa procede de la descomposicion de los sulfuros de cobre; se halla siempre en las minas de estos metales; se encuentra en Hungría, Sajonia, Francia é Inglaterra. En España la tenemos en Riotinto (Huelva).

Usos.—Se emplea para la obtencion del cobre y para fabricar tintas y diferentes colores, usándose como astringente en Medicina.

Metalurgia del cobre.—El tratamiento de los óxidos y de los carbonatos y, en general, de todos los compuestos de cobre en que no entre el azufre es muy sencillo: consiste en fundir estos minerales en hornos de reverbero, mezclándolos con carbon y con escorias mas ó menos silíceas; de esta manera se obtiene un cobre impuro, denominado *cobre negro*, el cual, sometido á la refinacion, se convierte en metal de buenas condiciones.

Los compuestos sulfurados requieren un tratamiento mucho mas complicado, siendo esta la causa del alto precio que tiene el cobre en el comercio. El procedimiento se reduce esencialmente á someter los cuerpos cobrizos á una serie de torrefacciones preliminares, que tienen por objeto convertir la mayor parte de los sulfuros en óxidos metálicos; se funden inmediatamente en hornos de reverbero, agregando escorias silíceas, siempre que el compuesto no tenga por ganga un silicato, ó la cantidad de estos sea muy pequeña. El oxígeno tiene mas afinidad con el azufre que el hierro, y al revés, este último metal se une mas fácilmente al oxígeno que el cobre, sobre todo, en presencia de la sílice. El óxido de cobre que resulta de la torrefaccion pasa á sulfuro, por apoderarse del azufre el sulfuro de hierro que queda despues de la tostacion del mineral; de esta manera se forma una escoria que encierra casi toda la pirita de cobre y un doble sulfuro de cobre y hierro, cuya escoria ó masa recibe el nombre de *mata cobriza.* Sometida esta á nuevas torrefacciones, fundida despues con escorias silíceas, y aun con minerales de cobre oxidados, resulta una nueva escoria compuesta de mucha parte del hierro de la primera, y una segunda mata cobriza mas rica en metal cobrizo que la primera; se repiten las torrefacciones por 4 ó 5 veces, y se obtiene *cobre negro*, esto es, metal impuro, supuesto que contiene todavía un poco de hierro y azufre; se refina este cobre negro y resulta de esta manera el cobre roseta, el cual, para convertirse en metal rojo y maleable, necesita un segundo refinamiento.

GÉNERO—COBALTO

Los minerales de este género presentan una dureza intermedia entre la fosforita y el ortosa; su peso específico varía desde 2 hasta 7: tiñen al borax de un color azul intenso por la accion del calor, y sus disoluciones en el ácido nítrico ofrecen un color sonrosado. Las especies principales de este género son: 1.ª cobalto; 2.ª esmaltina; 3.ª cobaltina; y 4.ª eritrina.

COBALTO—CUERPO SIMPLE

Caractéres.—Este metal no se conoce aislado en la naturaleza; cuando se le obtiene puro en los laboratorios presenta un color gris de acero, lustre metálico poco intenso, quebradizo; su peso específico es de 8,5. Tiene analogías con el niquel y el hierro, ejerce accion sobre la aguja magnética, pero segun la opinion de muchos autores, solo ofrece esta particularidad cuando lleva una pequeña porcion de los metales citados. Se funde con mucha dificultad y no se volatiliza sino á temperatura muy elevada; se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico, y comunica al vidrio del borax un color azul intenso.

El cobalto nativo no tiene aplicaciones de ningun género; en las artes y en la industria empléase tan solo el óxido de este metal, que se obtiene tostando los sulfuros ó arseniuros con el objeto de que desaparezca el azufre y el arsénico que estos contienen; en virtud de esta operacion, el cobalto se trasforma en óxido que, fundido con sílice y potasa, produce un vidrio azul, llamado esmalte, el cual reducido á polvo constituye el azul de cobalto. Este preparado se usa en gran cantidad para la fabricacion de colores que se aplican sobre la porcelana y para dar color á las piedras artificiales. Sirve además el óxido de cobalto para dar color azul al almidon, para quitar al papel la tinta amarilla que presenta algunas veces y, por último, para obtener el azul Thenard, que no es mas que el aluminato de cobalto, mezclado con una corta cantidad de fosfato de la misma base. Esta sustancia sirve para la pintura al óleo, y para la preparacion de la llamada tinta simpática.

ESMALTINA Ó COBALTO BLANCO—COBALTO ARSENICAL—ARSENIURO DE COBALTO—Fórmula química $Co\,As^2$

Caractéres.—Las formas mas comunes de este mineral son el cubo y el octaedro regular; fractura granuda,

color blanco de estaño ó gris de acero claro y lustre metálico en la fractura reciente, pero se ennegrece y se empaña en contacto del aire; raya á la fosforita y se raya por el ortosa; quebradizo, y su peso específico es de 6,3 á 6,6. La esmaltina se funde á la llama de una bujía con desprendimiento de humos blancos arsenicales; tiñe, como hemos indicado, al vidrio de borax de un azul intenso; expuesta al fuego de reduccion se convierte en un boton metálico agrio y de color agrisado; se disuelve, sin efervescencia, en el ácido nítrico concentrado con depósito de ácido arsenioso.

COMPOSICION EN PESO

Cobalto	20,31
Arsénico	74,22
Hierro	3,42
Cobre	0,16
Azufre	0,89
	99,00

VARIEDADES.— 1.ª Cristalizada en cubos ú octaedros sencillos ó modificados. 2.ª Dendrítica, llamada mas comunmente esmaltina tricoté; esta variedad resulta de la union de cristalitos ramificados, como los de la plata dendrítica ó filiforme; por lo comun los cristales que están reunidos en direccion paralela, se hallan atravesados por otros que cruzan á los primeros formando ángulos rectos; dichos cristales tienen por ganga una masa cuarzosa ó caliza. 3.ª Esmaltina fibroso-radiada. 4.ª Amorfa, se presenta en masas mamelonadas, brillantes, granudas en el exterior y compactas en el interior.

YACIMIENTO.— Se halla la esmaltina en filones metalíferos, especialmente en los de sulfuro de plata y cobre; abunda en los terrenos cristalinos, estando acompañada casi siempre del óxido negro de cobalto, bismuto nativo, arsénico nativo, galena, argirosa y otras especies metálicas. Los criaderos mas importantes se encuentran en Sajonia, Harz, Bohemia, Hungría, Noruega, Vosgos (Francia), etc. En España la tenemos en Espluga de Francolí (Tarragona), Darnius (Gerona), Gistain (Huesca) y Cangas de Onís (Asturias).

USOS.—Se emplea para la fabricacion de los esmaltes ó vidrios azules, destinados, como se ha dicho, á dar color azul á la loza, cristal, papeles pintados; sirve tambien para obtener el hermoso azul de Thenard.

COBALTINA Ó COBALTO GRIS Y COBALTO BRILLANTE — COBALTO ARSENIO-SULFURADO — SULFO-ARSENIURO DE COBALTO — Fórmula química $Co\,As^2 + Co\,S^2$

CARACTÉRES. — La forma primitiva de la cobaltina es el dodecaedro pentagonal derivado del primer sistema cristalino, siendo sus formas comunes las mismas que las de la pirita de hierro; color blanco de plata ó agrisado con tintas rojizas y lustre metálico intenso, de donde toma el nombre de cobalto brillante: este mineral es agrio, raya á la fosforita y se raya por el ortosa, dando un polvo negro-agrisado; desarrolla olor aliáceo por medio del eslabon y su peso específico es de 6,3. Sus propiedades químicas son muy análogas á las de la esmaltina, de la que se distingue porque tratada la disolucion nítrica de la cobaltina por el nitrato de barita, se produce un precipitado abundante, mientras que la de la esmaltina se da en corta cantidad.

COMPOSICION EN PESO

Cobalto	35,47
Azufre	19,35
Arsénico	45,18
	100,00

En algunos casos, parte del cobalto se halla sustituido por el hierro.

VARIEDADES. — La cobaltina se presenta en cristales cúbicos octaédricos, dodecaedros pentagonales y cubo-octaedros.

YACIMIENTO.—Se halla en filones, conglomerados ó en bolsadas en los terrenos primarios, acompañada casi siempre de la pirita de hierro, pirita cobriza, hierro magnético, cuarzo, caliza y algunas otras sustancias. Se encuentra en Silesia, Suecia, Vosgos (Francia), Estados Unidos, etc.

USOS.— Idénticos á los de la especie anterior.

ERITRINA Ó COBALTO ROJO Y FLORES DE COBALTO — COBALTO ARSENIATADO HIDRATADO — ARSENIATO DE COBALTO HIDRATADO — Fórmula química $CoO, AsO^5 + HO$

CARACTÉRES. — La eritrina tiene por forma primitiva un prisma rectangular oblicuo, perteneciente al quinto sistema; por lo comun, se presenta en agujas, láminas pequeñas ó masas terrosas de color rojo morado, carmesí y sonrosado análogo al de la flor del melocoton; lustre diamantino; su dureza es superior á la del yeso é inferior á la de la caliza; calentada en el tubo de ensayo produce agua en gran cantidad; por medio del soplete se funde, aunque con dificultad, y desprende vapores blancos arsenicales; soluble en el ácido nítrico, ofreciendo la disolucion un color rosado.

COMPOSICION EN PESO

Acido arsénico	38,43
Oxido de calcio	37,55
Agua	24,02
	100,00

VARIEDADES. — 1.ª Cristalizada en prismas cuyas caras ofrecen estrías bastante profundas; 2.ª acicular, se presenta en forma de rosetas constituidas por agujas ó cristalitos divergentes; 3.ª rodoisa (elevada á especie por Beudant), terrosa ó pulverulenta y de color rosado oscuro ó rosa claro.

YACIMIENTO. — Existe la eritrina en los mismos terrenos y localidades que la cobaltina. Los mejores ejemplares proceden de Scheneeberg (Sajonia), Saalfeld (Turingia), Witechen (ducado de Baden) y Allemont (Delfinado).

USOS. — Se emplea para obtener el arsénico, el cobalto y para la fabricacion de esmaltes.

GENERO — MANGANESO

Este metal no existe nativo en la naturaleza; se halla combinado con el oxígeno, azufre, ácido carbónico, fosfórico y silícico, constituyendo diversas especies, siendo las mas importantes las siguientes: pirolusita, Hausmanita, Braunita, acerdesa, dialogita, rodonita y helvina.

MANGANESO — CUERPO SIMPLE — Fórmula química Mn

CARACTÉRES.— La pirolusita ó peróxido de manganeso se conoce desde tiempos remotos, pero en 1774 fué cuando manifestó el célebre químico Scheele que era un óxido cuyo metal aisló Gahn pocos años despues. El manganeso que se obtiene en los laboratorios es un metal de color gris claro; de poco brillo metálico, algo dúctil, se deja rayar por la lima, pero se rompe por la accion del martillo, siendo su densidad relativa de 8 enteros. El manganeso es casi tan infusible como el hierro, siendo como este muy al-

terable en contacto del aire; descompone el agua lentamente á la temperatura ordinaria, desprendiéndose el gas hidrógeno, pero á 100° descompone rápidamente el citado líquido.

Las especies indicadas de este género y algunas otras las agrupa Leymerie en tres secciones, á saber: óxidos, piritas y litofanas; estas tres secciones ofrecen un carácter comun, cual es, que si los minerales incluidos en ellas se calientan, mezclados con la sosa, producen un glóbulo ó una escoria verde; con el borax, mediante el fuego de oxidacion, un vidrio de color violado.

PRIMERA SECCION—OXIDOS

Caracterizados por sus colores grises ó negruzcos, dando un polvo negro ó pardo oscuro; su densidad relativa está comprendida entre 4 y 5, y producen por medio del fuego los caractéres indicados anteriormente.

PIROLUSITA Ó MANGANESA NEGRA Y JABON DE VIDRIEROS — MANGANESO PEROXIDADO — BIÓXIDO DE MANGANESO — Fórmula química MnO^2

CARACTÉRES.—La pirolusita (del griego *pur*, fuego, y *lusis*, descomposicion, es decir, que se altera por la accion del calor), ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto derivado del tercer sistema; color gris de hierro ó negruzco con una ligera tinta azulada en los ejemplares constituidos de fibras muy finas; pero reducidas á polvo todas las variedades adquieren color negro; la pirolusita es un mineral blando, supuesto que se raya por la caliza, siendo su peso específico de 4,8. Por medio del soplete toma un color rojizo, pero no se funde; mezclada con el vidrio de borax tiñe á éste de un color morado característico, desprendiéndose al propio tiempo cierta cantidad de oxígeno; se disuelve en el ácido hidroclórico, desprendiendo gran cantidad de cloro.

COMPOSICION EN PESO

Protóxido de manganeso.. .	85,617
Oxígeno en exceso.. . . .	11,599
Agua.	1,566
Barita.	0,665
Sílice.	0,553
	100,000

VARIEDADES.—Segun algunos autores, la pirolusita puede dividirse en dos variedades esenciales, ó mejor, en dos subespecies que son: 1.ª polianita; 2.ª pirolusita. La primera comprende los ejemplares bien cristalizados, algun tanto duros y constituidos únicamente por el bióxido de manganeso: á la segunda corresponden los minerales blandos, efecto de su gran fragilidad y del estado de disgregacion molecular; sus formas son epigénicas y rara vez se encuentran en estado de pureza.

La polianita se presenta en prismas cortos, estriados en el sentido de su longitud y de un gris metálico claro; la pirolusita ofrece las siguientes variedades: 1.ª acicular ó fibroso-radiada, se halla en masas formadas de agujas muy finas, radiadas ó reunidas en hacecillos; 2.ª concrecionada, ó sea en masas estalactíticas, dendríticas ó mamelonadas; 3.ª reniforme, en masas compactas ó terrosas, negras, pesadas y que tiznan los dedos.

YACIMIENTO.—Se halla esta especie en las pizarras silúricas y en los terrenos jurásico y triásico; la polianita se ha encontrado en Sajonia, Westfalia y Bohemia, así como las variedades de pirolusita comun se encuentran en muchas localidades europeas. En España la tenemos en Belorado (Burgos), Crivillen (Teruel), y en diversos sitios de las provincias de Sevilla, Huelva, Almeria y Asturias.

USOS.—Sirve esta sustancia para blanquear los vidrios, sobre todo, aquellos que ofrecen una tinta verdosa debida al protóxido de hierro; se emplea para dar al cristal ó al vidrio un color violado; se utiliza en Química para la extraccion del oxigeno y cloro.

HAUSMANITA (dedicada á Hausmann)—ÓXIDO MANGANESO-MANGÁNICO. PERTENECE AL ÓXIDO ROJO DE LOS QUIMICOS—Fórmula química MnO, Mn^2O

CARACTÉRES.—La Hausmanita cristaliza ó tiene por forma primitiva un octaedro agudo derivado del segundo sistema; color pardo negruzco, dando un polvo rojo oscuro; lustre metaloideo; raya á la caliza y aun al espato fluor y se raya por la fosforita, estando representado su peso específico por 4,8. Infusible é inalterable por la accion del soplete, adquiriendo, no obstante, una tinta rojiza por el fuego de reduccion.

COMPOSICION EN PESO

Sesquióxido de manganeso. .	38,8
Protóxido de idem. . .	61,8
	100,6

En esta composicion hay 72,4 de manganeso y 27,6 de oxígeno.

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en octaedros, por lo general modificados en el vértice, siendo al propio tiempo exfoliables en sentido paralelo á las caras. 2.ª Fibrosa, compuesta de fibras divergentes unas veces, y otras fibrosas en un sentido y laminares en el otro. Se conocen tambien las variedades compacta y terrosa.

YACIMIENTO.—Se encuentra acompañando á la Braunita en algunas minas de Harz y de Turingia.

BRAUNITA (dedicada á Braun)—MANGANESO SESQUIOXIDADO—SESQUIÓXIDO DE MANGANESO—Fórmula química Mn^2O^3

CARACTÉRES.—La forma dominante de la Braunita es un octaedro de base cuadrada, correspondiente al segundo sistema; por lo general se presenta en masas cristalinas de un pardo negruzco, siendo su polvo completamente negro, lustre metaloideo, bastante frágil; raya, sin embargo, al ortosa y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso especifico por 4,8. Infusible al soplete, no da agua por la elevacion de la temperatura; y se disuelve, con desprendimiento de cloro, en el ácido clorhídrico.

COMPOSICION EN PESO, SEGUN TURNER

Oxígeno.	9,85
Oxido de manganeso. .	86,94
Barita.	2,26
Agua.	0,95
Sílice.	indicios
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en octaedros de base cuadrada mas ó menos modificados. 2.ª En masas cristalinas. Algunos ejemplares contienen cierta cantidad de ácido silícico, constituyendo un silicato de óxido de manganeso llamado *marcelina*.

Yacimiento. — Existe esta especie en San Marcelo (Piamonte), Harz (Turingia) y en algunas otras localidades europeas.

ACERDESA — manganeso sesquioxidado hidratado — sesquióxido de manganeso hidratado — Fórmula química $Mn^2O^3 + HO$

Caractéres.—La acerdesa (de la palabra griega *ácerdos*, no aprovechable), corresponde al manganeso oxidado argentífero de Haüy ó á la manganita de otros autores: cristaliza en un prisma romboidal recto, perteneciente al tercer sistema cristalino; color pardo negruzco ó gris de hierro, siendo negro el polvo que resulta de la raya, lustre metaloideo; mas dura que la caliza y menos que el espato fluor, estando representado su peso específico por 4,3. Calentada en el tubo de ensayo da bastante cantidad de agua, carácter muy bueno para separarla de la Braunita, con la cual suele confundirse: infusible al soplete, adquiriendo color pardo rojizo por el fuego de reduccion.

COMPOSICION EN PESO

Manganeso.	62,86
Oxígeno.	27,64
Agua.	9,50
	100,00

Variedades. — 1.ª Cristalizada en prismas octógonos romboidales. 2.ª En masas bacilares fibrosas ó radiadas. 3.ª Concrecionada y terrosa. 4.ª Pisolítica y oolítica. 5.ª Dendrítica.

Yacimiento.— Se encuentra en los terrenos de cristalizacion ó en los de sedimento antiguo; casi siempre asociada con hierros espáticos, con la hematites y otros compuestos de hierro. En España existe en los mismos puntos que la pirolusita, encontrándose tambien, segun el Sr. Naranjo, en Losacio (Zamora).

SEGUNDA SECCION — PIRITAS

Se comprenden en este grupo tres especies mineralógicas, que son: la alabandina, Hauerita (dedicada á Haüer) y Kaneita, descubierta por Kane; las dos primeras son sulfuros de manganeso, y la tercera arseniuro del mismo metal; pero tanto esta como las dos anteriores son sumamente raras y de ninguna importancia industrial, por cuyas razones no las describimos.

TERCERA SECCION — LITOFANAS

Las especies mineralógicas de este grupo están compuestas de ácido carbónico, fosfórico ó silícico en union con el óxido de manganeso; ofrecen aspecto vítreo ó lapídeo, colores diversos, dureza bastante considerable, peso específico comprendido entre 4 y 5, y solubles en los ácidos. Los minerales mas importantes del grupo son: 1.° la dialogita; 2.° rodonita; 3.° helvina; 4.° triplita.

DIALOGITA — manganeso carbonatado — carbonato de manganeso — Fórmula química MnO, CO^2

Caractéres.— La dialogita ó rodocrolita ofrece por forma primitiva un romboedro de 107° 20′, perteneciente al sistema romboédrico; color de rosa, y en algunos ejemplares pardo ó amarillento debido á una grande cantidad de hierro; lustre vítreo-nacarado, trasluciente; raya á la caliza y aun á veces al espato fluor, y se raya por la fosforita, siendo el polvo que resulta de color de rosa; peso específico de 3,6. Infusible al soplete, adquiriendo por la elevacion de temperatura color pardo como todos los óxidos de manganeso; á la temperatura ordinaria se disuelve, con efervescencia lenta, en el ácido nítrico, siendo mucho mas intensa por la accion del calor.

COMPOSICION EN PESO

Acido carbónico. . .	38,60
Oxido de manganeso. .	56,00
Cal.	5,40
	100,00

Variedades. — Además de cristalizada en romboedros, se encuentra en masas laminares y concrecionada.

Yacimiento.—La dialogita se halla en ciertos filones metalíferos de Hungría, Sajonia, Transilvania, Vielle (Altos Pirineos) y otros puntos.

La mangano-calcita de Breithaupt está compuesta de un carbonato de óxido de manganeso, que contiene un 30 por ciento de cal, estando además mezclado en ciertos casos con la magnesia y óxido de hierro; se halla en masas bacilares ó agujas radiadas, de lustre vítreo y de color rojo de carne en Schemnitz (Hungría).

RODONITA — manganeso silicatado; silicato de manganeso — Fórmula química $(MnO)^3(SiO^2)^2$

Caractéres. — La rodonita (de *rodon* rosa), tiene por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo que deriva del quinto sistema; se presenta en masas cristalinas, granudas ó compactas mezcladas casi siempre con el carbonato de cal; color rosa oscuro ó mas ó menos morado, fractura astillosa, trasluciente en los cortes y de lustre nacarado; raya á la fosforita y se raya por el ortosa, teniendo un peso específico de 3,5 á 3,7. Tratada al soplete adquiere color pardo; al fuego de reduccion se funde en un esmalte rosado, y al de oxidacion en un glóbulo negro.

COMPOSICION EN PESO SEGUN BERZELIUS

Oxido de manganeso. .	49,04
Sílice.	48,00
Oxido de calcio. . . .	4,12
Magnesia.	0,22
	100,38

Yacimiento. — La rodonita se encuentra en los filones manganesíferos de los terrenos primarios. Los criaderos mas notables existen en San Marcelo (Piamonte), Langbanshytta (Suecia), Przibram (Bohemia), Francklin (Nueva Jersey), Transilvania, etc.

La Bustamita (descubierta por Bustamante en el Real de Minas de Fetela, México), y la Pajsbergita, encontrada en Pajsberg (Suecia), son silicatos de manganeso y de cal; la marcelina, indicada ya en la especie braunita, la consideran varios autores como una mezcla del silicato de óxido de manganeso con el sesquióxido del mismo metal; por último, la Breislakita no es mas que un silicato de manganeso ferrífero que existe en las lavas de Capo-di-Bove, próximo á Roma y en las cercanías de Pozzuolo.

HELVINA—MANGANESO Y GLUCINA SÍLICO-SULFATADOS—SULFO-SILICATO DE MANGANESO Y DE GLUCINA

Caractéres.—La helvina se presenta en cristales pequeños octaédricos ó tetraédricos pertenecientes al sistema cúbico; estos cristales tienen un color amarillo de cera ó de miel con tendencia al amarillo pardusco; brillo algo resinoso; mas dura que el feldespato ortosa y menos que el cuarzo, estando representado su peso especifico por 3,3. Se funde al soplete y tratada por medio de la sosa produce los caractéres de todos los minerales de manganeso; se disuelve con desprendimiento de hidrógeno sulfurado en los ácidos, dando al propio tiempo un precipitado gelatinoso.

COMPOSICION EN PESO

Sílice	33,13
Glucina	11,46
Protóxido de manganeso	49,12
Protóxido de hierro	4,90
Azufre	5,71
	104,52

De la anterior composicion deducen algunos mineralogistas que la helvina está formada de un proto-sulfuro de manganeso unido á un silicato de glucina y de manganeso, pudiendo representarse su fórmula del modo siguiente: $MnS, + Gl^2O^3, 3SiO^2 + MnO, SiO^2$.

Yacimiento.—Esta especie mineralógica es bastante rara; fué descubierta primeramente por Mohs en una pizarra talcosa de Schwarzemberg (Sajonia); en esta localidad existe en cristales pequeños diseminados ó empotrados en la citada roca y acompañada de granates, blenda y clorita; se halla tambien en la sienita circonífera de Noruega y en la hematites parda de Breitembrunn (Sajonia).

TRIPLITA—MANGANESO FOSFATADO FERRIFERO—FOSFATO DE MANGANESO FERRIFERO—Fórmula química $(MnO, FeO)^4 PhO^5$

Caractéres.—Se presenta en masas incompletamente laminares; fractura concoidea; color negro, opaca ó á lo mas traslúcida en los cortes; la triplita es mineral agrio, mas duro que la fosforita y menos que el ortosa, teniendo un peso específico de 3,4. Se funde al soplete en un glóbulo negro magnético; se disuelve con lentitud en los ácidos, y la disolucion acusa la presencia del manganeso y del hierro mediante los reactivos de estos metales.

COMPOSICION SEGUN BERZELIUS

Protóxido de manganeso	32,60
Idem de hierro	31,90
Acido fosfórico	32,78
Fosfato de cal	3,20
	100,48

Yacimiento.—La triplita se halla en los terrenos graníticos de Limoges (Francia), y de Bodennais (Baviera).

La hureaulita, la heterozita, trifilina, perouskina, tetrafilina y aluolita no son mas que fosfatos de manganeso ferríferos; estas especies son sumamente raras en la naturaleza y no ofrecen tampoco interés industrial.

GÉNERO—HIERRO

Se comprenden en este género gran número de especies difíciles de agrupar, aun cuando todas presenten caractéres químicos análogos. Sin embargo, con el fin de facilitar su estudio, las agrupamos desde luego en cuatro secciones; á saber: 1.ª Hierro nativo, aerolitos y hierros meteóricos: 2.ª Oxidos; comprende las especies cuyo principio mineralizador es el oxígeno: 3.ª Piritas; minerales que tienen por principio mineralizador el azufre ó el arsénico: 4.ª Haloideas ó sales: comprende los compuestos formados por el óxido de hierro combinado con el ácido carbónico, fosfórico, sulfúrico, túngstico, etc., ó sean los carbonatos, fosfatos, sulfatos, tungstatos, etc., de hierro.

PRIMERA SECCION

HIERRO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Fe

Caracteres.—El hierro rara vez se presenta aislado en la naturaleza; se encuentra en granos microscópicos en el Canadá, Irlanda, Estados Unidos y en algunos otros puntos, existiendo tambien en láminas que recuerdan la forma del octaedro regular en las cavidades de los hierros meteóricos ó niquelíferos.

El hierro puro del comercio es de un color gris azulado; fractura granuda y en algunos casos laminar; maleable y dúctil siendo el mas tenaz de todos los metales; un hilo de dos milímetros de diámetro no se rompe sino bajo el peso de 250 kilógramos; brillo metálico intenso por el pulimento; raya al espato fluor y se raya por la fosforita; el peso específico del hierro forjado varía entre 7,7 y 7,9. Este metal, el niquel y el cobalto son los únicos que están dotados de propiedades magnéticas notables á la temperatura y presion ordinaria: si el hierro se halla unido á pequeña cantidad de carbono, esto es, si está acerado, puede adquirir naturalmente el magnetismo polar, cuya propiedad conserva por mas ó menos tiempo. El hierro es infusible tratado con el soplete ordinario; para conseguir su fusion se necesita la temperatura mas elevada que se puede producir en los hornos metalúrgicos. No obstante, este metal tiene la particularidad de reblandecerse por un fuego moderado, carácter notable y del que tanto partido se saca en las fraguas y hornos de fundicion. El hierro se disuelve en el ácido nítrico, tomando la disolucion un color negro por la tintura de agallas; no sufre alteracion de ningun género en contacto del aire ó del oxígeno secos, á la temperatura ordinaria; pero se altera muy pronto en contacto del aire húmedo, formándose ó cubriéndose de óxido férrico hidratado, ó sea de orin, hollin ó herrumbre.

Yacimiento.—Como queda dicho, raras veces y en pequeñísimas cantidades se encuentra el hierro puro en la naturaleza; pero existe diseminado en diferentes cuerpos electro-negativos en abundancia, la cual está en relacion con las numerosas aplicaciones de que es susceptible este cuerpo.

Usos.—Creemos innecesario manifestar en este momento las importantes y múltiples aplicaciones que tiene el hierro; puede desde luego asegurarse sin temor de exageracion, que este cuerpo es el mas útil y precioso de todos los metales para el hombre, y aun de todos los cuerpos conocidos, y que á él se deben en gran parte los adelantamientos y progresos del siglo actual, que con justa razon pudiera denominarse «siglo del hierro.» Se ha calculado por algunos que el producto total del hierro que se fabrica anualmente en Europa asciende á unos 700 millones de pesetas, mucho mayor

que el obtenido en las célebres minas de oro y plata de la América.

AEROLITOS

Los aerolitos, llamados tambien piedras meteóricas, meteoritos, bólidos, piedras de rayo, piedras de la luna, etc., ofrecen una composicion muy variada: entran, sin embargo, como elementos esenciales el hierro, niquel, cromo, cobre, sílice, potasa, magnesia, alumina y algunos otros óxidos metálicos.

CARACTERES.—Los aerolitos son masas redondeadas que carecen por completo de ángulos ó aristas salientes; por lo comun se presentan cubiertas de un barniz ó costra negra, brillante y de aspecto vitreo; su estructura es granuda; son mas ó menos duras y tenaces, segun que constan de granos finos ó gruesos; fractura agrisada, constituida de granos oscuros y venas negras, procedentes de las sustancias que constituyen la costra exterior.

Desechada la teoría de los que creian que los aerolitos eran fragmentos arrojados por los volcanes de la luna, se supone por los geólogos actuales que deben su orígen á la fragmentacion de uno ó de diversos planetas (como se nota en los asteroides de Júpiter y Marte) que, entrando en la esfera de atraccion de la tierra, llegan á la atmósfera determinando por su gran velocidad el globo de fuego y la detonacion que dura algunos segundos; al caer producen surcos de tal longitud en la corteza terrestre, que en algunos casos y en relacion con el tamaño del aerolito, han llegado hasta un kilómetro de extension La caida de estas piedras es puramente accidental, ocurriendo con preferencia en los meses de agosto y noviembre.

Los aerolitos se consideran por muchos geólogos como pequeñas masas materiales ó especies de planetas microscópicos que se agitan en el espacio en considerable número, y que se precipitan en el planeta Tierra cuando entran en su esfera de atraccion. Proceden, segun la opinion de varios geólogos, de fragmentos de la nebulosa primitiva que se han solificado aisladamente, y, segun otros, de porciones separadas del sol en el momento de formarse sus anillos. Pero lo que está probado hasta la evidencia, es que en cierta época han constituido parte del sol ó de los diversos planetas, única circunstancia que nos obliga á considerarlos como cuerpos extraños á la tierra. Por lo demás, teniendo presente que los veintidos cuerpos simples que se han descubierto en los aerolitos, mediante los análisis que se han efectuado por diversos químicos, no son en modo alguno diferentes de los que se han hallado en nuestro planeta, puede deducirse inmediatamente que el origen de éste es idéntico al del sol y demás astros.

En los gabinetes de Historia natural de España existen varios aerolitos, notables los unos por su composicion y los otros por su peso. El museo de Madrid cuenta hoy dia con bastantes ejemplares, procedentes de diversas provincias de la Península, siendo desde luego el mas digno de mencion el que cayó en Murcia el año de 1858, cuyo peso es de 105 kilógramos; el reciente de 1870, analizado y descrito por el señor Solano, ayudante profesor del referido museo. La universidad de Oviedo posee un aerolito bastante notable que cayó en Cangas de Onís, y que ha sido estudiado y analizado por el señor Luanco, catedrático de química de Barcelona.

HIERRO METEÓRICO

CARACTERES. — Realmente son los mismos aerolitos ó piedras meteóricas, que se presentan en masas generalmente esponjosas ó celulares, y en cuyas cavidades ó intersticios existen sustancias cristalinas ó materias vítreas de color amarillo, análogas al mineral que hemos descrito con el nombre de *peridoto.* Los hierros meteóricos se componen esencialmente de hierro y de níquel, variando la cantidad de este último desde 1 hasta 24; ofrecen tambien indicios de cobalto, cromo y manganeso. Las masas meteóricas mas notables que se conocen son las siguientes: 1.ª el hierro de Pallas, encontrada por este naturalista en la cima de una montaña próxima á Krasnojarsk (Siberia), y cuyo peso primitivo era de 750 kilógramos; 2.ª la masa de hierro de 150 á 200 kilógramos que cayó en 1847 en Braunau (Bohemia); 3.ª la masa de hierro niquelífera descubierta por Brard en Caille, departamento del Var (Francia); esta masa existe en el museo de Paris, y pesa 590 kilógramos; 4.ª la del Brasil, encontrada en Bahia, de 7,000 kilógramos; 5.ª la hallada en Durango (México), cuyo peso es de 20,000 kilógramos; 6.ª la descubierta en Otumba (Perú), de 15,000 kilógramos; 7.ª la encontrada en la Luisiana, de 1,500 y otras varias, á las cuales puede agregarse la que hemos citado de Murcia.

SEGUNDA SECCION—ÓXIDOS DE HIERRO

Se comprenden en este grupo las siguientes especies: 1.ª iman natural ó hierro magnético; 2.ª hierro oligisto; 3.ª limonita.

IMAN Ó HIERRO MAGNÉTICO—HIERRO OXIDADO DE HAUY—OXIDULO Ó SUBÓXIDO DE HIERRO—ÓXIDO FERROSO FÉRRICO—Fórmula química FoO, Fe^2O^3

CARACTERES.— El hierro magnético ofrece por forma primitiva un octaedro regular, perteneciente al primer sistema cristalino, siendo sus formas dominantes el mismo octaedro y el dodecaedro romboidal; color negro de hierro ó gris oscuro cuando se presenta en masas ó cristalizado, pero reducido á polvo es negro de carbon; lustre metálico, quebradizo; raya á la fosforita y aun al feldespato ortosa, y se raya por el cuarzo, estando representado su peso especifico por 4,8 á 5; este mineral ejerce accion muy notable sobre la aguja magnética, y las variedades compactas litoideas, terrosas y á veces tambien las cristalizadas, están dotadas del magnetismo polar, de donde toman el nombre de imanes naturales ó piedra iman. Sometido á la calcinacion pierde por completo ó se debilita su virtud magnética; infusible por sí solo al soplete; pero si se mezcla al borax y se trata al fuego de oxidacion, se funde en un glóbulo rojo oscuro que, por enfriamiento, adquiere un color amarillo claro, mientras que al fuego de reduccion toma una tinta verde de botella; se disuelve en caliente en el ácido hidroclórico y en modo alguno en el nítrico.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Berzelius	Idem de Karstem
Oxido férrico. . .	69	69,95
Oxido ferroso. . .	31	29,53
	100	99,48

VARIEDADES.— 1.ª Cristalizada en octaedros ó dodecaedros. 2.ª Masas granudas. 3.ª Idem laminares ó escamosas. 4.ª Compacta, masas amorfas, de fractura concoidea ó desigual y de aspecto litoideo. 5.ª Terrosa ó arenácea, de aspecto litoideo ú ocráceo, estando casi siempre mezclada

con el hierro oligisto ó limonita. Esta variedad posee el magnetismo polar en alto grado, ó por lo menos con mas frecuencia que las demás. Existen tambien otras variedades fundadas en la mezcla con otros minerales, tales son, el hierro titanífero, magnesífero y manganesífero.

YACIMIENTO.—Corresponde esencialmente á los terrenos de orígen ígneo y á los metamórficos; los ejemplares cristalizados están por lo general diseminados en rocas talcosas de Suecia y de Córcega; las variedades granudas, compactas, arenáceas, etc., constituyen en algunos puntos verdaderas masas eruptivas de gran potencia y se encuentran en los gneis, pizarras talcosas y rocas anfibólicas, cloríticas ó serpentínicas, formando verdaderas montañas, como se observa en Taberg (Suecia), y en algunos sitios de los Montes Urales. El iman ó hierro magnético de la isla de Elba se halla intercalado en los gneis y pizarras micáceas, á las cuales comunica propiedades magnéticas. Los mejores ejemplares cristalizados proceden de Suecia, Montes Urales, Tirol y mas especialmente de Traverselle (Piamonte). En España existe esta especie en la cordillera de Guadarrama cerca del Escorial, en las montañas de Asturias, Marbella (Málaga), en la pizarra clorítica de Sierra Bermeja (Málaga), Vallcarcara y Figaró (Cataluña).

USOS.—Para la extraccion del hierro, siendo el mineral mas apreciado, no solo porque contiene mas hierro que los demás compuestos de este metal (72 por 100), sino tambien porque es el mejor para la fabricacion del acero.

HIERRO OLIGISTO—HIERRO PEROXIDADO—ÓXIDO FÉRRICO ANHIDRO—Fórmula química Fe^2O^3

El hierro oligisto (de *oligos*, poco) rara vez existe puro, estando por lo general mezclado con el hierro magnético. Puede dividirse en tres sub-especies ó grupos principales, á saber: 1.° hierro oligisto metaloideo; 2.° hierro oligisto compacto; 3.° hierro oligisto terroso. Las propiedadees comunes á estos grupos son; dar por medio de la pulverizacion un polvo rojo pardusco que no ejerce accion sobre la aguja imantada sino despues que se ha calcinado; teñir al borax de amarillo verdoso mediante la accion del soplete, y producir en el ácido clorhídrico una disolucion amarillo-naranjada que da por el ferrocianuro potásico el precipitado azul de Prusia.

1.ª *Sub-especie.*—HIERRO OLIGISTO METALOIDEO

CARACTÉRES.—La forma primitiva de este hierro es un romboedro idéntico al del corindon con el cual es isomorfo, presentándose del mismo modo que este en romboedros, dodecaedros bipiramidales y prismas de base exagonal, formas derivadas del cuarto sistema ó sea el romboédrico. Se presenta tambien cristalizado en octaedros que, segun algunos mineralogistas, derivan del sistema cúbico, siendo, por lo tanto, el hierro oligisto metaloideo un nuevo ejemplo de dimorfismo. Este mineral octaédrico, llamado Martita, por haber sido descubierto por Martius en la provincia de Minas-Geraes (Brasil), ha sido elevado á la categoría de especie por algunos autores; pero un exámen detenido del octaedro de la Martita ha hecho ver que no es mas que una forma epigénica tomada del hierro magnético. El color que ofrecen los ejemplares de esta sub especie, es el gris de acero, habiendo algunos dotados de irisacion y brillo metaloideo; raya á la fosforita y se raya por el cuarzo y aun el ortosa, teniendo un peso específico representado por 5,5; los ejemplares cristalizados y algunos amorfos ejercen débil accion sobre la aguja magnética. El hierro oligisto metaloideo es infusible al soplete, produciendo con el ácido clorhídrico y el borax los fenómenos consignados anteriormente.

COMPOSICION EN PESO

Oxígeno	30,63
Hierro	69,34
	100,00

VARIEDADES.—Se conocen entre otras mas ó menos comunes las siguientes: 1.ª Cristalizada en romboedros, prismas exagonales y dobles pirámides exagonales, formas derivadas del sistema romboédrico. 2.ª Especular, formada de láminas ó de verdaderos cristales planos y trasparentes, que reflejan la luz con cambiantes de colores. 3.ª Micácea, se presenta en masas constituidas de escamas, laminillas que se separan por la mas ligera presion con los dedos. 4.ª Compacta, masas amorfas que están á veces asociadas con el cuarzo, constituyendo una roca particular, denominada itaberita.

2.ª *Sub-especie ó division*—HIERRO OLIGISTO CONCRECIONADO

CARACTÉRES.—Esta sub-especie, denominada tambien hematites roja (de *ema ematos*, sangre), se presenta en masas compactas, estalactíticas ó renimorfes, de estructura fibroso-radiada, siendo su aspecto litoideo y el color pardo rojizo mas ó menos intenso; raya á la fosforita y se raya por el feldespato, teniendo un peso específico representado por 5,3. Sus caractéres químicos son idénticos á los de la subespecie anterior.

3.ª *Sub-especie ó division*—HIERRO OLIGISTO TERROSO

CARACTÉRES.—Se encuentra en masas terrosas que ofrecen una fractura térrea, muy blandas y deleznables. El hierro oligisto terroso se halla constantemente mezclado con sustancias arcillosas, pasando de esta manera á constituir ciertas variedades de ocre.

YACIMIENTO.—El hierro oligisto ó peróxido de hierro es el mineral mas abundante del género; se presenta en filones de gran potencia, en masas considerables en los terrenos graníticos y en los primarios ó paleozóicos. En la isla de Elba se encuentran todas las variedades de esta especie, siendo desde luego la localidad en que existen cristales mas notables, no solo por su limpieza, sino por sus irisaciones. Las masas de menor espesor, se hallan en Suecia, Noruega, Laponia y Brasil. En España tenemos la variedad especular en Jumilla (Murcia) y las concrecionadas compactas, etc., en Linares (Jaen), en Sierra Morena y sus derivaciones, Cordillera Cantábrica, Sierra de Guadarrama, Aragon, Cataluña, Provincias Vascongadas, Asturias, Badajoz, Sevilla y en otras varias.

USOS.—El óxido férrico es una de las especies que proporcionan mas cantidad de hierro; los ejemplares concrecionados por su dureza, se emplean para pulimentar y bruñir los metales; las variedades terrosas se usan en la pintura y fabricacion de lápices rojos.

LIMONITA Ó HEMATITES PARDA—HIERRO PEROXIDADO HIDRATADO—ÓXIDO FÉRRICO HIDRATADO—Fórmula química $FeO^3 + HO$

CARACTÉRES.—La forma cristalina de la limonita se

desconoce en la actualidad; es cierto que Haüy y algunos otros mineralogistas citan ejemplares de limonita cristalizados en cubos, octaedros, dodecaedros ó prismas exagonales; pero estas formas no son propias de la especie, sino resultado de una epigenia ó sustitucion de hierro magnético, pirita y carbonato del mismo metal. La limonita ofrece color pardo amarillento ó mas ó menos negruzco, siendo su polvo amarillo de orin; su aspecto es litoideo; cuando pura raya al espato fluor, pero su dureza es menor si está mezclada con otras sustancias; el peso específico es de 3,3. Desprende agua y adquiere color rojo por la calcinacion; se funde al soplete y se convierte en una escoria negra y magnética; se disuelve en el ácido hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido férrico.	85,3
Agua.	14,7
	100,0

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas apuntados, estriados en el sentido longitudinal: esta variedad, que en rigor es la especie getita de algunos autores, ofrece un matiz pardo rojizo y lustre semi-metálico ó diamantino, siendo tambien mas dura que las otras variedades, supuesto que es la única que raya al espato fluor. 2.ª Concrecionada ó hematites parda, se presenta en masas compactas formadas de capas concéntricas ó fibroso-radiadas ó bien en estalactitas, mamelonada, reniforme ó esferoidal: estas variedades tienen analogías con la hematites roja, pero se distinguen desde luego en el color amarillo que ofrece el polvo de la hematites parda. 3.ª Etites ó piedra de Aguila, en masas ó riñones testáceos, de un pardo amarillento, compuestos de capas concéntricas, huecos y conteniendo casi siempre en su interior un núcleo movible; los antiguos creian que estas piedras se hallan en el nido de las águilas, y de aquí el nombre de etites. 4.ª Compacta, ofrece una estructura plana ó cavernosa, fractura unida y color pardo oscuro con tendencia al negro. 5.ª Pisolítica y oolítica. 6.ª Terrosa ú ocrácea, la cual está constituida por óxido férrico hidratado mezclado con arcillas, dando orígen á los minerales denominados ocres, los cuales pueden ser rojos, amarillos, pardos, etc.

YACIMIENTO.—La limonita pertenece á toda la serie neptúnica, abundando sobre todo en los terrenos jurásicos. Se presenta en grandes masas en diversos sitios de Francia, hallándose hierros oolíticos en el piso inferior del terreno cretáceo de la mina de Saint- Dizier, departamento del Alto Marne; es muy comun en el terreno jurásico de Ardèche, Gard y Aveyron. Abunda tambien esta especie en Inglaterra, Alemania, Suecia, Rusia, etc. En España podemos asegurar que existe en casi todas las provincias, siendo notables los criaderos del monte Triano y Somorrostro (Vizcaya) (1), los de Gracia, Gabá y Malgrat (Barcelona), los de Durro, Faul y Montanisell (Lérida), los del valle de Rivas y el criadero de Bagur (Gerona), los de la Sierra de Cartagena, los de Monda, Ojen y Benalmadena (Málaga), los de Molina de Aragon y Ojos Negros (Guadalajara) y otros muchos que seria prolijo enumerar. Los hierros enclavados en las provincias de Cataluña corresponden á los terrenos primarios ó paleozóicos, y los de los demás puntos á la época secundaria.

USOS.—Todas las variedades de esta especie se emplean para la extraccion del hierro, utilizándose tambien las terrosas en la pintura.

PIRITAS

Figuran en este grupo diversos compuestos de hierro que tienen por principio mineralizador el azufre ó el azufre y el arsénico. Las propiedades importantes y comunes de las piritas son las siguientes: producir por medio de la percusion ó calcinacion un olor sulfuroso ó aliáceo; presentar brillo metálico mas ó menos intenso; tener una dureza mayor que la de la fosforita, y adquirir propiedades magnéticas por la accion del calor. Las piritas mas notables son las siguientes: 1.ª pirita amarilla; 2.ª pirita blanca ó lívida; 3.ª pirita magnética; 4.ª pirita arsenical.

PIRITA AMARILLA Ó PIRITA POR EXCELENCIA —HIERRO SULFURADO, BISULFURO DE HIERRO — Fórmula química $Fe\,S^2$

CARACTERES.—La pirita amarilla, designada tambien con los nombres de pirita marcial, y marcasita, ofrece las siguientes propiedades: su forma primitiva es el dodecaedro pentagonal, presentándose casi siempre cristalizada en cubos perfectos ó en el mismo dodecaedro pentagonal: color amarillo de oro ó de laton, pero cuando se la reduce á polvo ofrece un color verde negruzco; brillo metálico intenso que jamás se empaña en contacto del aire; raya al feldespato ortosa y se deja rayar por el cuarzo; muy agria, siendo su fractura concóidea ó desigual y, por lo comun, poco brillante; da chispas con el eslabon y su peso específico es de 4,7 á 5. Calentada en un matraz se convierte en hierro y desprende ácido sulfuroso; mediante el fuego de reduccion se trasforma en una materia ó boton negruzco que ejerce accion sobre la aguja magnética; se disuelve, con depósito de azufre, en el ácido nitrico concentrado.

COMPOSICION SEGUN BERZELIUS

Hierro.	46,08
Azufre.	53,92
	100,00

VARIEDADES.—La pirita amarilla es acaso el mineral que presenta cristales mas perfectos y variados, siendo sus formas mas frecuentes los cubos, dodecaedros pentagonales y aun los octaedros; existen tambien trapezoedros, cubooctaedros, cubo-dodecaedros é icosaedros. Algunas veces los cubos están modificados en sus ángulos sólidos y aristas, siendo la forma mas notable, que resulta de estas modificaciones, la denominada cubo estriado ó triglita de Haüy; esta variedad ofrece en sus caras estrías, que están dispuestas en tres direcciones perpendiculares. Además de las variedades cristalizadas, se conocen entre otras mas ó menos importantes, las siguientes: 1.ª Concrecionada, dispuesta en estalactitas, formas cilindróideas ó globosas, ó bien en masas mamelonadas cubiertas exteriormente de facetas cristalinas, siendo

(1) El célebre naturalista Plinio, el año 80 de la era cristiana, publicó su Historia natural, en la que cita diferentes minas de hierro de la Europa, y en el párrafo XLIII del libro XXIV, dice: «De todos los »metales, el mineral mas abundante es el hierro. Sobre la costa de Can»tabria que baña el Océano, hay una montaña escarpada y elevada que »es toda ella de esta materia.»

Este texto, segun el Sr. Vicuña, solo puede referirse al monte Triano en Vizcaya, puesto que no hay en toda la costa otro criadero de hierro tan abundante, por mas que algunos hayan supuesto que Plinio se referia al monte Cabarga (Santander), el cual contiene poco mineral, no como Triano que está completamente cuajado.—Vicuña. «Progresos industriales,» pág. 244.

fibrosas por dentro. 2.ª Fibroso-radiada, que en realidad corresponde á la variedad anterior. 3.ª Dendrítica, ó sea en formas análogas á la plata del mismo nombre. 5.ª Compacta. 6.ª Seudo-mórfica ó epigénica, cuyos cristales cúbicos ó dodecaédricos se convierten en parte ó por completo en limonita ó mas bien en goetita. Por último, existen piritas de hierro auríferas, argentíferas, arseníferas y cupríferas.

YACIMIENTO.— Esta especie mineralógica se encuentra en toda clase de terrenos, pero nunca forma masas considerables; se halla diseminada en ciertos filones ó en rocas cristalinas ó de sedimento. Segun Naranjo, hay pirita de hierro en la mina de Valdeazoques, Almadenejos, en donde existe empotrada en una pizarra carbonosa; se halla además en las minas de Almaden (Ciudad Real), en el cobre gris de Huejar-Sierra, en varios sitios de la Cordillera de Guadarrama y en otros muchos puntos.

USOS.—Antiguamente y aun hoy dia se destina como piedra de chispa y para la fabricacion de botones y otros objetos de escaso valor; los peruanos, antes de la conquista por los españoles, la utilizaban para espejos, y de aquí el nombre de *espejos de los Incas.*

PIRITA BLANCA Ó LÍVIDA—(Ofrece la misma composicion y fórmula que la pirita amarilla, por cuya razon debe considerarse como una subespecie de ésta.)

CARACTÉRES.—La pirita blanca, llamada tambien esperquisa ó pirita prismática, tiene por forma primitiva un prisma recto romboidal, perteneciente al tercer sistema; por lo general se presenta en masas aciculares y lanceoladas, de color blanco amarillento ó verde lívido y lustre metálico, aunque nunca tan intenso como el de la pirita marcial; su dureza es superior á la del ortosa é inferior á la del cuarzo; frágil y de fractura desigual ó granuda, teniendo un peso específico representado por 4,6 á 4,8. Por medio del soplete y de los líquidos produce idénticos fenómenos que la especie anterior; se distinguen, no obstante, en que expuesta la esperquisa por algun tiempo á la accion del aire húmedo, se descompone con facilidad y se convierte en sulfato de hierro ó vitriolo verde.

COMPOSICION SEGUN BERZELIUS

Hierro	45,07
Manganeso.	0,70
Azufre.	53,35
	99,12

Algunos mineralogistas creen que la pequeña cantidad de óxido ferroso, qué existe casi siempre mezclado con la esperquisa, influye para que se descomponga y se convierta en vitriolo.

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas romboidales, generalmente modificados; estos cristales suelen reunirse entre sí ofreciendo una superficie dentellada y que imita mas ó menos la cresta de los gallos, de donde toma el nombre de pirita cresta de gallo; existen tambien en octaedros romboidales sencillos ó truncados en los ángulos sólidos. 2.ª Reniforme, masas de estructura radiada y con la superficie erizada de puntas cristalinas que ofrecen la forma de un semioctaedro. 3.ª Compacta. 4.ª Epigénica, se presenta en láminas de forma exagonal que proceden, segun unos, de la pirita, y segun Mohs, de la plata sulfurada, denominada psaturosa. 5.ª Seudo-mórfica, que sustituye á cuerpos orgánicos, tales como conchas ó tallos de plantas dicotiledóneas ó monocotiledóneas.

YACIMIENTO.—Se halla la esperquisa en los mismos terrenos que la pirita marcial, encontrándose por lo comun en los filones metalíferos que atraviesan los terrenos primarios; diseminada abunda en los terrenos neptúnicos desde el carbonífero hasta los modernos; hállase con frecuencia en las ampelitas ó pizarras bituminosas, en las cuales, por su descomposicion, origina el sulfato de alumina; por último, existe en las ullas, lignitos y turbas.

USOS.—Se emplea esencialmente para obtener el sulfato de hierro ó vitriolo verde ó caparrosa verde. Para conseguirlo basta calcinar las piritas en retortas á propósito; parte del azufre se desprende, quedando en la retorta un sulfuro de hierro magnético, el cual, absorbiendo con rapidez el oxígeno del aire húmedo, se trasforma en sulfato. En algunos puntos para obtener esta sustancia se valen de las pizarras piritosas ó que contienen cristales de pirita, siendo el procedimiento que emplean sumamente sencillo; consiste en exponer las pizarras á la accion de un aire húmedo, en cuyo caso se disgregan y reducen á polvo al poco tiempo; el sulfuro de hierro se convierte en sulfato, y la pizarra mas ó menos atacada produce sulfato de alumina, que se disuelve en el agua en union con la caparrosa verde. Se evapora despues esta disolucion en calderas de plomo, y cuando tiene el grado de concentracion adecuada, se dirige á recipientes, donde se la deja reposar algun tiempo y luego se la recoge en aparatos particulares, llamados cristalizadores. Se suspenden cuerdas en medio de la disolucion, para que sobre ellas se depositen los cristales de caparrosa verde. Luego que las aguas madres no proporcionan mas cristales de esta sustancia, se agrega sulfato de potasa con el objeto de que combinándose con el sulfato de alumina, procedente de la alteracion de las pizarras, se formen cristales de alumbre comun ó sea de sulfato de alumina y de potasa.

PIRITA MAGNETICA Ó PIRITA PARDA—HIERRO PROTO SULFURADO COMBINADO CON EL HIERRO BISULFURADO—PROTOSULFURO DE HIERRO MAS BISULFURO DEL MISMO METAL—Fórmula química FeS, FeS

CARACTERES.—Esta especie, denominada tambien leberquisa y pirrotina, tiene por forma fundamental un prisma exágono, perteneciente al cuarto sistema cristalino; color bronceado algo rojizo, siendo el lustre metalóideo mas bien que metálico; la dureza es inferior á la de las demás piritas ferruginosas; raya al espato fluor y se raya por la fosforita; se rompe con facilidad, y ofrece una fractura desigual en los ejemplares amorfos y algun tanto laminar en los cristalizados; su peso específico es de 4,5; ejerce una débil accion sobre la aguja magnética. Calentada en el tubo cerrado no sufre alteracion de ningun género; en el tubo abierto, desprende ácido sulfuroso; al soplete, y colocada sobre el carbon, se funde á la llama reductiva en un glóbulo negro muy magnético; se disuelve en el ácido hidroclórico con desprendimiento de hidrógeno sulfurado y depósito de azufre.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de la de Treseburg (Stromeyer)	Idem de la de Bodennais (H. Rose)
Hierro.	59,85	60,52
Azufre.	40,15	38,78
	100,00	99,30

VARIEDADES.—Rara vez se presenta la pirrotina cristalizada en prismas exagonales; por lo comun se halla en masas laminares; algunas veces forma parte de ciertos aerolitos.

YACIMIENTO.—Se halla en los terrenos de cristalizacion en masas pequeñas, ó diseminada en los aerolitos y piedras meteóricas; se encuentra en Bodennais (Baviera), acompañada del ortosa y cordierita, en Geyer (Sajonia), asociada á la fluorina, en Treseburg (Harz), Noruega, Suecia, Cornouailles (Inglaterra), Tirol, etc. En España la tenemos en el Escorial (Madrid) acompañada del hierro magnético, pirita marcial y granates, en Huelva y otras localidades.

USOS.—Carece de aplicaciones.

PIRITA ARSENICAL Ó MISPIQUEL—HIERRO-ARSENIO SULFURADO—SULFO-ARSENIURO DE HIERRO—Fórmula química $FeAs + FeS^2$

CARACTÉRES.—La pirita arsenical ó mispiquel, denominada tambien pirita blanca, ofrece por forma primitiva un prisma romboidal recto, correspondiente al tercer sistema; color blanco de estaño ó de plata con tendencia al gris de acero ó mas ó menos amarillo, siendo el polvo negro; lustre metálico empañado; raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa; agria, produce chispas con el eslabon exhalando olor de ajos, y su peso específico es de 5,8 á 6,2. Calentada en un matraz da un sublimado rojo (sulfuro de arsénico). Se funde al soplete, con desprendimiento de vapores sulfurosos y arsenicales, en un boton de color negro y magnético; se disuelve en el ácido hidroclórico con depósito de ácido arsenioso y azufre.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Chevreul	Idem de Stromeyer
Hierro	34,94	36,04
Arsénico	43,42	42,88
Azufre	20,13	21,08
	98,49	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas romboidales sencillos ó modificados mediante truncaduras en los ángulos laterales. 2.ª Compacta ó en masas amorfas. 3.ª Bacilar, en fibras gruesas y reunidas entre sí. 4.ª Acicular ó capilar, compuesta de agujas muy finas ó de filamentos rígidos. Existen además las variedades debidas á mezclas, como el mispiquel argentifero, y cobaltífero, siendo la cantidad de plata en la primera de estas variedades de 0,01 por 100, y de cobalto en la segunda, de 6 á 9; se admite tambien por algunos autores la variedad descrita y llamada por Breithaupt, *glaukodot*, en la cual el cobalto llega hasta un 24 ó 30 por 100.

YACIMIENTO.—La pirita arsenical se encuentra unas veces diseminada en rocas graníticas, pizarrosas ó serpentínicas ó en los filones que atraviesan á estas rocas; otras, y es lo mas frecuente, en los de cobre, cobalto y estaño en las minas de Cornouailles, Sajonia y Bohemia, por lo comun, acompañada de la esperquisa. En España la tenemos en Bustarvieló y Miraflores de la Sierra (Madrid), cuyos ejemplares suelen pertenecer al mispiquel argentífero.

USOS.—Se emplea esta especie para la obtencion del arsénico y del ácido arsenioso; los ejemplares argentíferos para extraer la plata, así como los cobaltíferos para preparar el esmalte ó azul de cobalto.

CUARTA SECCION—HALOIDEOS Ó SALES DE HIERRO

Se comprenden en este grupo minerales de aspecto esencialmente litoideo y formados por los ácidos carbónico, fosfórico, etc., combinados con el óxido de hierro ó bien con este y otros óxidos básicos. Los colores dominantes de estas sustancias son: pardo, azul, verde, rojizo y rara vez amarillo; el lustre es vítreo ó lapídeo; bastante blandos y peso específico comprendido entre 3 y 4; desarrollan virtudes eléctricas por la accion del calor; se funden al soplete y se disuelven en los ácidos. Las especies principales de este grupo son las siguientes: 1.ª Siderosa; 2.ª Vivianita; 3.ª Dufrenita; 4.ª Heterosita; 5.ª Farmacosiderita; 6.ª Tantalita; 7.ª Wolfran; 8.ª Melanteria.

SIDEROSA Ó HIERRO ESPATICO—HIERRO CARBONATADO—CARBONATO DE HIERRO—Fórmula química FeO,CO^2

CARACTERES.—La siderosa ó hierro espático, llamada tambien mena de hierro dulce, tiene por forma primitiva un romboedro obtuso de 107°, fácilmente exfoliable en tres sentidos diferentes; este romboedro corresponde al cuarto sistema cristalino, siendo muy parecido al que ofrece la caliza, como lo son tambien las formas secundarias de uno y otro mineral; el color de la siderosa es el gris amarillento, pardo rojizo ó pardo negruzco, siendo debido este último color á la alteracion que experimenta el mineral en contacto del aire, convirtiéndose en óxido férrico hidratado; su lustre es lapídeo; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, teniendo un peso específico representado por 3,8 á 3,9. Por medio del soplete se ennegrece, se reduce á polvo que se aglutina y desarrolla propiedades magnéticas; se disuelve en el ácido nítrico con efervescencia lenta á la temperatura ordinaria, pero si se aumenta esta, la efervescencia se verifica con mucha rapidez; la disolucion nítrica da el precipitado azul por el cianuro férrico potásico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso	62,66
Acido carbónico	37,34
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en romboedros de caras planas, si el mineral es completamente puro; estos cristales suelen presentar un brillo bastante vivo, pero jamás perlado ó nacarado como en los romboedros de dolomia ó espato perlado de Werner. 2.ª Lenticular, compuesta de romboedros redondeados, solos ó agrupados entre sí. 3.ª Laminar. 4.ª Reniforme ó esferosiderita, se presenta en riñones mas ó menos gruesos empotrados en arcillas pizarrosas, ó bien en las areniscas del terreno carbonífero y en las cavidades de ciertas rocas volcánicas; esta variedad ofrece estructura fibrosa. 5.ª Compacta y terrosa, de color gris, pardo ó negro y de un aspecto análogo al de las piedras, por lo que se llama tambien litoidea. Las variedades debidas á mezclas son: la siderosa manganesífera y la calcífera ó dolomífera. Por último, se conoce la variedad denominada junquerita, que se presenta en cristales pequeños de caras convexas y de color gris amarillento; esta variedad se halla asociada con el cristal de roca.

YACIMIENTO.—Los hierros espáticos cristalizados se hallan en los terrenos secundarios y terciarios; las variedades compactas y terrosas corresponden esencialmente á los carboníferos, en los cuales existen diseminadas en las arcillas ó areniscas. Este mineral es muy abundante en las úlleras de Gales, Dudley y Glasgow (Inglaterra), pudiendo asegurar que son las que proporcionan casi todo el hierro de este país. Existe tambien, aunque no tan abundante, en Saint Etienne,

Aubin, Aveyron y en algunos otros puntos de Francia. Se explotan minas de hierro espático en Alemania, Silesia, Palatinado y otras naciones europeas. En España le tenemos en capas y en masas en Somorrostro (Vizcaya), Ezcaray (Logroño), Asturias, Badajoz, Cataluña, Jaen, Córdoba, Sierra Nevada, y en general en todas las localidades en donde hay óxidos de hierro.

Usos.—Para la obtencion del hierro, siendo los centros mas notables de produccion la Escocia é Inglaterra.

VIVIANITA—HIERRO FOSFATADO HIDRATADO—FOSFATO DE HIERRO HIDRATADO—FeO, PhO^5+HO

Caractéres.—La vivianita ó hierro fosfatado azul tiene por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo, perteneciente al quinto sistema; color azul de índigo, pardo y á veces verde negruzco; lustre vítreo intenso y en algunos casos metaloideo ó perlado, trasparente ó traslúcida; muy blanda, supuesto que su dureza es igual á la del yeso, teniendo un peso específico de 2,6. Se funde al soplete en una escoria negra magnética; da gran cantidad de agua por la calcinacion, y se disuelve en el ácido nítrico, desprendiendo, por lo comun, vapores rojos.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso.	43,03
Acido fosfórico.	28,29
Agua.	28,68
	100,00

Variedades. — 1.ª Cristalizada en prismas oblicuos truncados en las aristas básicas y laterales. 2.ª Masas laminares. 3.ª Acicular radiada y terrosa.

Yacimiento.—Las variedades cristalizadas se hallan en algunos filones metalíferos, y las demás en idénticos terrenos que la siderosa y hierros oxidados. Se encuentran las fibrosas en Nueva-Jersey (Estados Unidos) y las cristalizadas en Cornouailles (Inglaterra), Bodennais (Baviera), Transilvania, Crimea, etc. Las variedades terrosas se hallan en los terrenos de sedimento modernos, especialmente en aquellos puntos en que hay restos de animales ó plantas, siendo este mineral el que se encuentra formando parte de la turquesa llamada odontolita ó de nueva roca.

Usos.—Las variedades terrosas se emplean en la pintura al óleo ó al temple.

DUFRENITA Ó HIERRO FOSFATADO VERDE—FOSFATO DE HIERRO – Fórmula química Fe^2O^3 PhO^5 +HO

Caractéres.— La dufrenita se presenta en riñones de fractura fibroso-radiada, cuyas fibras son prismas rectos romboidales, pertenecientes al tercer sistema cristalino; color verde de aceituna, lustre sedoso y nacarado, trasluciente; raya á la caliza y se raya por la fosforita, siendo su peso específico de 3,5. Se funde al soplete con mas facilidad que la especie anterior; dando lugar á los mismos fenómenos que ésta cuando se la trata por el ácido nítrico y ferrocianuro potásico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido férrico.	63
Acido fosfórico.	28
Agua.	9
	100

Yacimiento.—Existe la dufrenita asociada con otros fosfatos, especialmente los de magnesia, con la limonita y algunos compuestos de hierro. Se ha encontrado en Anglar, departamento del Alto Viena y cercanías de Limoges, en Nueva Jersey (Estados Unidos), en Rabenstein (Baviera), etc.

HETEROSITA—HIERRO FOSFATADO MANGANESÍFERO—FOSFATO DE HIERRO Y DE MANGANESO—Fórmula química (FeO, MnO) PhO^5 + HO

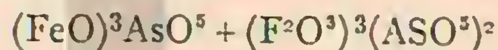
Caractéres.—La heterosita, incluida por algunos mineralogistas en la triplita ó manganeso fosfatado ferrífero, se presenta en masas laminares de color gris azulado ó verdoso que se convierte en morado por la accion del aire; su lustre es craso y algun tanto parecido al de la fosforita; raya á la caliza y fluorina y se raya por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 3,5, y menor en los ejemplares de color violado ó que han experimentado la accion del aire, supuesto que es de 3,3. La heterosita se funde al soplete en un esmalte pardusco; se disuelve en el ácido nítrico, acusando, mediante los reactivos adecuados, la presencia del hierro y del manganeso.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso.	35
Oxido de manganeso.	18
Acido fosfórico.	42
Agua.	5
	100

Yacimiento.—Esta especie solo se ha encontrado hasta ahora asociada á la trifilina y hurolita en la pegmatita de Vilate y Hureaux, cercanías de Limoges (Francia).

FARMACOSIDERITA—HIERRO ARSENIATADO—ARSENIATO DE HIERRO, cuya fórmula química, segun Berzelius, se representa del modo siguiente:



$$(FeO)^3AsO^5 + (F^2O^3)^3(ASO^5)^2$$

Caractéres.—Esta especie mineralógica tiene por forma dominante el cubo modificado únicamente en cuatro de los ángulos sólidos, por lo que puede considerarse como un ejemplo de hemiedria idéntica á la de la boracita ó borato de magnesia. La farmacosiderita ofrece un color verde pardusco ó verde de aceituna, lustre diamantino muy vivo, siendo trasparente ó trasluciente; raya al yeso y se raya por la caliza; eléctrica por la elevacion de temperatura y peso específico de 2,9 á 3. Da agua y se convierte en roja si se calienta en un matraz, y á temperatura elevada desprende ácido arsenioso. Al soplete, y colocada sobre el carbon, exhala vapores aliáceos y se funde en una materia gris magnética.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de Berzelius

Oxido férrico.	39,20
Oxido de cobre. . . .	0,65
Acido arsénico. . . .	37,82
Idem fosfórico. . . .	2,53
Agua.	18,61
	98,81

Yacimiento.—Esta especie es muy escasa en la naturaleza y se halla en los filones metalíferos de estaño, co-

balto ú óxidos de hierro, en las minas de Cornouailles (Inglaterra), Graul (Sajonia), Saint Leonard, cerca de Limoges, (Francia).

La escorodita ó neotesa no es mas que el arseniato de hierro prismático; se presenta de color azul análogo al de la melanteria, lustre vítreo; raya á la caliza y se deja rayar por el espato fluor, estando representado su peso específico por 3,2. La escorodita da agua por medio de la calcinacion; se funde al soplete en un glóbulo gris negruzco; colocada sobre el carbon, desprende vapores arsenicales y se reduce á una escoria negra magnética.

COMPOSICION EN PESO

Oxido férrico.	34
Acido arsénico.	50
Agua.	16
	100

YACIMIENTO.—Se halla en los mismos terrenos que la farmacosiderita, encontrándose en Sajonia, Limoges, Cornouailles y en San Antonio Pereira (Brasil); los ejemplares de este último punto reciben el nombre particular de neotesa.

TANTALITA—HIERRO TANTALADO—TANTALATO DE HIERRO MANGANESIFERO—Fórmula química (FeO,MnO)Fa^2O^3

CARACTÉRES.—Los cristales de esta especie son sumamente raros; consisten en prismas prolongados que se derivan de un prisma romboidal oblicuo; color negro de hierro ó pardo negruzco, polvo moreno y de lustre metaloideo; raya al feldespato ortosa y se deja rayar por el cuarzo, teniendo una densidad relativa bastante considerable, llegando en algunos ejemplares hasta 8. Infusible por sí sola al soplete, pero mezclada con la sosa da una especie de escoria verde.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso.	13,00
Idem de manganeso.	9,50
Idem de estaño.	0,50
Acido tantálico.	77,30
	100,30

En varios ejemplares parte del ácido tantálico se halla reemplazado por el ácido túngstico ó estannico, y en otros por la circona.

YACIMIENTO.—La tantalita existe diseminada en los granitos y pegmatitas de Fimbo (Suecia), Kimito (Finlandia), Chanteloube próximo á Limoges (Francia) y Estados Unidos. En España, segun Naranjo, se encuentra en San Ildefonso (Segovia), habiéndola hallado el malogrado Pellico en las cercanías de Trujillo (Cáceres).

Se ha confundido con la tantalita llamada de Suecia, un mineral que existe en Baviera y en algunos puntos de América; con efecto, tienen grande analogía en sus caractéres exteriores, pero se diferencian desde luego en la composicion química y en la forma, supuesto que en la tantalita de Baviera se encuentra el metal denominado niobio, siendo sus cristales prismas romboidales rectos. Esta nueva especie se designa con los nombres de columbita, niobita y baierina.

WOLFRAN—HIERRO Y MANGANESO TUNGSTATADO—TUNGSTATO DE HIERRO Y DE MANGANESO

Fórmula química (FeO, MnO) WO^3

CARACTÉRES.—El wolfran ofrece por forma primitiva un prisma romboidal oblicuo perteneciente al quinto sistema; color pardo oscuro, pardo claro ó negro de hierro; lustre intenso metálico ó semi-metálico; raya á la fluorina y se raya por el ortosa y una punta de acero; su peso específico es muy notable representado por 7,5. Se funde al soplete en un glóbulo negro magnético que se cubre de pequeños cristales prismáticos; se disuelve, mediante el calor, en el ácido hidroclórico y deposita un polvo amarillo que es el ácido túngstico.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso.	19,19
Idem de manganeso.	4,48
Acido túngstico.	76,20
Magnesia.	0,80
	100,67

VARIEDADES.—Además de las variedades cristalizadas en prismas achatados, existen la laminar, la bacilar que pasa con frecuencia á fibrosa, y la seudomórfica, cristalizada en formas tomadas de la Scheelita (1).

YACIMIENTO.—El wolfran pertenece á los terrenos de cristalizacion, asociado á la casiterita, Scheelita, berilos y topacios. Se encuentra en Cornouailles (Inglaterra), Alemberg (Sajonia), Zinnwald (Bohemia), cercanías de Limoges (Francia) y otros sitios de Europa. En España existe en diferentes puntos de Orense, Pontevedra, Zamora, Salamanca, Asturias, Cáceres, Badajoz, Madrid, etc.

USOS.—Para la obtencion del ácido túngstico: el wolfran de Zinnwald (Bohemia) contiene el metal llamado indio.

MELANTERIA, CAPARROSA Ó VITRIOLO VERDE —HIERRO SULFATADO HIDRATADO — SULFATO DE HIERRO HIDRATADO—Fórmula química FeO, $SO^3 + HO$

CARACTERES.—La melanteria ó caparrosa verde tiene por forma primitiva un prisma oblicuo derivado del quinto sistema cristalino, que expuesto á la accion del aire pierde su trasparencia y se cubre de un sulfato básico de color amarillo: cuando esta especie es pura ofrece color verde y brillo vítreo; raya al talco y se raya por la caliza, teniendo una densidad relativa muy pequeña, representada por 1,8 á 1,9; se disuelve en dos veces su peso de agua fria, y da por evaporacion la forma prismática indicada anteriormente; la disolucion acuosa ofrece un sabor de tinta que se ennegrece por la tintura de agallas.

El célebre Werner y Leymerie, teniendo en cuenta la so-

---

(1) La Scheelita, llamada así por haber sido dedicada al célebre químico Scheele, es un tungstato de cal; se presenta de aspecto vítreo, blanca ó amarillenta, de lustre bastante intenso y algun tanto craso, que se comunica al tacto. Cristaliza esta especie en octaedros de base cuadrada, pertenecientes al segundo sistema; su dureza es superior á la de la fosforita, siendo su peso específico considerable, puesto que es de 6,2. Se funde, aunque con dificultad, en un vidrio trasparente; se disuelve lentamente en el ácido nítrico, produciendo al propio tiempo un precipitado amarillo (ácido túngstico); la disolucion nítrica da un precipitado blanco por el oxalato amónico. Esta sustancia consta en 100 partes de 80 de ácido túngstico y 20 de cal. Se encuentra esencialmente en los filones metalíferos, sobre todo en los de estaño de Cornouailles; existe tambien en Sajonia, Baviera, Suecia, Piamonte, etc.

lubilidad de esta sustancia en el agua á la temperatura ordinaria, así como su poca densidad relativa, la colocan, en union con el vitriolo azul, el vitriolo blanco, alumbres, etc., en la clase que denominan sales.

COMPOSICION EN PESO

Oxido ferroso.	26
Acido sulfúrico.	29
Agua.	45
	100

YACIMIENTO.—Se encuentra la melanteria en capas delgadas ó en forma de filamentos de un blanco amarillento, en la superficie de las rocas pizarrosas que contienen pirita blanca ó esperquisa, no siendo mas que un producto debido á la descomposicion que experimenta este mineral.

USOS.—Sirve para la fabricacion de las tintas; entra en la composicion de los tintes negros y grises, para obtener el azul de Prusia y el ácido sulfúrico; se usa en medicina como astringente.

METALURGIA DEL HIERRO.—Las únicas especies que se explotan para la obtencion son: el óxido férrico hidratado ó limonita, el óxido férrico anhidro ó hierro oligisto y la siderosa ó carbonato de hierro. Los sulfuros de este metal, aunque abundan bastante en la naturaleza, no se emplean para la extraccion de este cuerpo, por ser caro y malo. Se obtiene el hierro de estos minerales en tres estados distintos, á saber: 1.ª el de fundicion ó hierro crudo; 2.ª el de hierro maleable, y 3.ª el de acero.

Para trasformar las especies mineralógicas en cualesquiera de estos tres estados, se necesita someterlas á ciertas operaciones preliminares, como la trituracion, lavado y torrefaccion, cuyo objeto es dividir y separar la mayor cantidad posible de materias térreas que contengan los minerales, y eliminar el agua y el ácido carbónico. En virtud, pues, de este procedimiento, los óxidos férricos hidratados y los carbonatos se convierten en óxidos puros: conseguido esto, se lleva el mineral á los hornos de fundicion, llamados altos hornos, en los cuales se coloca la masa mineral en capas mezcladas con carbon vegetal ó cok y por lo comun con un fundente arcilloso ó calizo; sujétase la mezcla á la accion del fuego que se sostiene y aumenta mediante unas grandes máquinas denominadas soplantes. En este caso, se obtienen dos reacciones ú operaciones diferentes: 1.ª reduccion del óxido de hierro á sustancia metálica (hierro de fundicion), por el carbono de la mezcla, ó mas bien por la corriente de óxido de carbono formado; este cuerpo á temperaturas elevadas se convierte en ácido carbónico á expensas del oxígeno del mineral. Por medio de la segunda operacion se separan las materias ferrosas que se liquidan en forma de escorias llamadas de fundicion, á las cuales se las da salida por un orificio que hay en la parte superior del crisol en que se ha colocado la mezcla. Cuando el crisol está lleno del líquido metálico fundido, se procede á verificar lo que se denomina sangría ó colada del baño metálico. Con este objeto se hacen con arena en el suelo del taller de fundicion, una serie de canales que no son mas que ramificaciones de un conducto longitudinal, que toma origen, ó está en comunicacion con la parte inferior del crisol; este orificio, llamado abertura de colada, se halla cerrado con un tapon de arcilla, mientras se verifica la fusion del mineral; luego que esta se ha efectuado, se quita el referido tapon y el caldo corre y llena todas las canales. En el momento que comienza á solidificarse se echa arena por encima, con el fin de que el líquido sufra un enfriamiento lento y gradual. Mientras corre el líquido, se detienen los soplantes, y no se les pone en accion hasta que el crisol quede completamente vacío y se haya cerrado el orificio de colada. De este modo se obtiene fundicion, sin salir del horno, en forma de cilindros de seccion semicircular. La mayor parte de esta fundicion se la refunde de nuevo, y despues se deja el líquido en contacto del aire por bastante tiempo, á fin de que sufra la accion oxidante. El líquido en este caso está compuesto del hierro unido á una corta cantidad de óxido no reducido, de oxígeno y de silicio; en virtud de la accion prolongada del aire, el carbono se desprende en forma de ácido carbónico; el silicio, trasformado en ácido silícico, se une al óxido ferroso que se forma en la superficie del líquido ó con el procedente de la primitiva mezcla, y constituye silicatos fusibles en forma de escorias que salen, como las primeras, por la abertura superior del crisol; la fundicion en este caso se convierte poco á poco en hierro propiamente dicho.

La otra parte de la masa, que no se somete á la operacion anterior, despues de sufrir nueva fusion en hornos de reverbero, se recoge en moldes de formas diversas; este hierro, que recibe el nombre de moldeado, se emplea inmediatamente en la economía doméstica, en la industria, etc. Sirve desde luego para la formacion de balcones, rejas, balaustres, planchas de chimeneas, cúpulas, puentes, rails, etc , etc.

MÉTODO CATALAN.—Los minerales muy ricos en hierro y que son al propio tiempo de fácil fusion, tales como los hierros espáticos y ciertas variedades de hematites que tanto abundan en las provincias catalanas, se convierten inmediatamente en hierro. El procedimiento empleado es muy sencillo: se coloca el mineral mezclado con carbon de leña en un crisol, en el cual se trasforma, mediante la accion de un calor intenso sostenido, en hierro esponjoso que reunen por medio de un hurgon para obtener una masa mezclada con cierta parte de escoria; esta masa se purifica inmediatamente por medio de la accion continuada del martinete. Dicho método, que realmente no proporciona mas que hierros de mediana calidad, tiene la ventaja sobre el de los altos hornos de que economiza mucho tiempo y combustible. Se sigue no solo en Cataluña sino en parte de los Pirineos franceses y en Córcega.

El hierro que se obtiene de los altos hornos contiene siempre ciertas impurezas, por lo que si bien es cierto que se le destina inmediatamente para la construccion de los objetos indicados, no sirve para otros que tienen uso en las artes y en la industria. Por esta razon la mayor parte del hierro es preciso convertirlo en hierro dulce ó afinarlo; para ello se le lleva á un horno especial, denominado de *pudlar*, donde se liquida de nuevo, y se hace que la llama de un hogar pase próxima al caldo, el cual se agita. Al cabo de ciertas horas, se van formando bolas que se aplastan con martillos ó por otros medios, á fin de separar las materias extrañas y las gotas de la misma fundicion, pudiendo desde luego extenderse en barras por medio de cilindros laminadores.

OBTENCION DEL ACERO.—Se obtiene generalmente del hierro forjado, sometiéndole á temperaturas muy elevadas por espacio de bastante tiempo; para ello se forman cajas con ladrillos herméticamente cerradas, donde se pone el hierro en capas alternadas, mezclado con carbon reducido á polvo. El acero que se produce mediante este procedimiento se llama *acero de cementacion*. Esta sustancia no es mas que una combinacion de hierro y carbono, en la que la cantidad de este no excede de $^1/_{100}$; se distingue de la fundicion de hierro, porque es mas puro que esta, por la propiedad que tiene de dejarse forjar y limar, así como la de adquirir cierta dureza y elasticidad por medio del temple. Si el acero de

cementacion se reduce á pequeños fragmentos, se ponen estos en crisoles muy refractarios, y se les sujeta á temperatura muy elevada, se funden siendo susceptibles de reducirse á hilos por medio de la hilera; de este manera se obtiene el acero fundido, susceptible de adquirir el hermoso pulimento que todo el mundo conoce.

GÉNERO—ZINC

Las especies de este género, si se exceptúa el metal ó cuerpo simple y la blenda ó sulfuro de zinc, ofrecen los siguientes caractéres comunes: se presentan incoloras ó de colores blancos, blanco amarillento y rojizas; su lustre es lapídeo y el peso específico inferior á 5. Las especies importantes de este género son: 1.ª zinc; 2.ª blenda; 3.ª calamina; 4.ª esmisonita; 5.ª zinconisa; 6.ª zincita.

ZINC—CUERPO SIMPLE

CARACTERES.—Este metal no se halla puro en la naturaleza, y sí tan solo combinado con el ácido carbónico, azufre, ácido silícico ú oxígeno. El zinc del comercio es un metal blanco algo azulado, ofreciendo su fractura reciente láminas anchas de aspecto cristalino y brillantes; quebradizo á temperatura ordinaria, pero se convierte en maleable á poco mas de 100°, cuya propiedad pierde á 200°, trasformándose en quebradizo hasta tal extremo que se puede moler con suma facilidad en un mortero de ágata; no se raya por una punta de alfiler, y su densidad relativa es de 6,8 á 7. Funde á 500° próximamente, evaporándose á mayores temperaturas; el vapor de zinc en contacto del aire se quema y arde con llama blanca brillante, convirtiéndose en óxido blanco de zinc. Se disuelve este metal en el ácido hidroclórico y en el sulfúrico diluido, con desprendimiento de gas hidrógeno.

USOS.—Reducido á láminas sirve para cubrir edificios, fabricacion de pilas para baños, y para construccion de diferentes vasijas; estos utensilios no sirven para la preparacion y conservacion de los alimentos, porque el zinc se oxida con facilidad en contacto del aire ó de los ácidos, por débiles que sean, y produce sales venenosas. Mezclado ó aleado con el cobre sirve para la fabricacion del laton.

El laton comun se compone de dos partes de cobre y una de zinc, ó sea de 66 del primero y 33 del segundo. Se obtiene esta sustancia fundiendo los dos metales indicados en las proporciones mencionadas. El procedimiento que emplean en Lieja es sumamente sencillo: consiste en fundir primero el cobre en los hornos llamados de viento; para ello colocan este metal en crisoles de barro refractario, los cuales pueden contener hasta 30 ó 50 kilógramos de cobre líquido. Luego que se ha fundido el metal, para lo que se necesita la temperatura del rojo blanco, se agrega el zinc, teniendo cuidado de poner un 2 ó un $^3/_{100}$ mas de la cantidad que se desea por la volatilizacion de este. Obtenida la mezcla ó aleacion, se recoge el líquido en moldes colocados verticalmente, en los cuales se forman placas ó planchas que suelen pesar de 30 á 40 kilógramos. Los crisoles pueden servir diferentes veces, llegando á utilizarse en algunos casos hasta trescientas.

BLENDA Ó FALSA GALENA—ZINC SULFURADO—SULFURO DE ZINC—Fórmula química Zn.S

CARACTÉRES.—La blenda (de la palabra alemana *blende*, que significa falso, porque ciertos ejemplares de este mineral se parecen á la galena) tiene por forma primitiva un tetraedro regular, en el que se observan seis exfoliaciones diferentes y brillantes; el color de este mineral es muy variable; cuando completamente puro es amarillo de limon; pero si se encuentra mezclado con otras sustancias, pueden ser el pardo rojizo, rojo, negro y aun verdoso; la fractura reciente es especular y de un lustre resinoso característico; ciertas variedades, y sobre todo las de color amarillo de limon, desarrollan fosforescencia en la oscuridad por simple frotamiento con las barbas de una pluma; raya á la caliza y se deja rayar por el espato fluor, estando representado su peso específico por 3,9 á 4,2. La blenda tiene la particularidad de decrepitar por la accion del soplete, pero por sí sola es infusible ó lo efectúa con muchísima dificultad en los bordes delgados; á temperatura elevada, y puesta sobre el carbon, desprende vapores sulfurosos, depositando el óxido blanco de zinc; se disuelve en los ácidos nítrico y sulfúrico concentrados, y si se trata la disolucion por el amoniaco ó por el ferrocianuro potásico, toma un color blanco por el primero y rojo naranjado por el segundo; el precipitado blanco que se obtiene por el amoniaco se redisuelve en un exceso de reactivo.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Arfwedson	Idem de Barthier
Azufre	33,66	33,0
Zinc	66,34	61,5
Hierro	»	4,0
Cadmio	»	»
	100,00	98,5

Algunos ejemplares suelen contener un 1 por 100 de cadmio.

VARIEDADES DE FORMAS REGULARES.—Primera: cristalizada en tetraedros sencillos ó modificados en las aristas y ángulos sólidos: en el primer caso resulta una pirámide triangular, y en el segundo el dodecaedro romboidal; existen además octaedros, cubo-octaedros y la llamada blenda triforme, que no es mas que una combinacion de las caras del cubo, del dodecaedro y del octaedro regular; por último, hay cristales hemitropiados de esta sustancia.

VARIEDADES DE ESTRUCTURA Y FORMAS ACCIDENTALES.—1.ª Blenda laminar, fácilmente exfoliable, dando, mediante la division mecánica, el indicado tetraedro; esta variedad es especular ó brillante y con láminas cruzadas en diversas direcciones. 2.ª Laminar, compuesta de láminas pequeñas é inclinadas en diversos sentidos; por lo comun está mezclada con las piritas de hierro y cobre y con la galena. 3.ª Radiada, en masas de estructura fibrosa y radiada, de color pardo oscuro y con lustre algo perlado. 4.ª Concrecionada, llamada tambien blenda testácea, blenda estriada y compacta; se presenta en masas mamelonadas ó globosas, de estructura hojoso-testácea; su color es pardo rojizo y el lustre varía desde el mate al resinoso brillante. Como variedades de mezclas, pueden citarse las blendas ferruginosas y las cadmíferas; las primeras, designadas tambien con el nombre de martitas por Boussingault por haberlas hallado en Marmato (Colombia), contienen hasta un 10 y un 15 por 100 de hierro; las segundas no llevan mas que un 1,5 de cadmio. Por último, algunos autores, atendiendo á la coloracion, han dividido la blenda en tres variedades esenciales, á saber: 1.ª Blenda negra, de color negro, negro agrisado ó rojizo, opaca ó á lo menos traslúcida en los cortes; se presenta cristalizada ó laminar y mezclada con hierro, manganeso y algunos otros metales. 2.ª Blenda amarilla: esta variedad es pura

ó poco menos, trasparente, muy laminar y fosforescente en alto grado; el color es amarillo de limon, amarillo de azufre ó de miel ó rojo de succino; se presenta en magníficos cristales tetraédricos y dodecaédricos. 3.ª Blenda parda: esta variedad es mas comun que las dos anteriores, traslúcida, poco trasparente y poco exfoliable; su color es el pardo amarillento, pardo rojizo ó rojo oscuro del granate.

YACIMIENTO.—La blenda es un mineral bastante abundante; se encuentra en toda clase de terrenos, ó sea desde los cristalinos mas antiguos hasta los terrenos secundarios inclusive; pero, á pesar de su abundancia, jamás llega á constituir masas ó filones considerables. Se halla casi siempre asociada á la galena, pirita cobriza y de hierro, hierros espáticos, cobres grises y distintos minerales de manganeso. Los criaderos mas notables del extranjero existen en Sajonia, Transilvania, Harz, Inglaterra, Bélgica, Francia, Siberia, Bohemia, etc. Son notables en España los criaderos del Pico de Europa y Comillas (Santander), San Juan de Alcaraz y Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real); se halla además en varios sitios de las provincias de Granada, Almería, Málaga, Guipúzcoa y Asturias.

USOS.—Para la obtencion del zinc, aunque realmente se prefieren las otras especies del género. En España tenemos fábricas de zinc en San Juan de Alcaraz (Ciudad Real) y Arnau (Asturias).

CALAMINA—ZINC CARBONATADO, CARBONATO DE ZINC—Fórmula química ZnO, CO^2

Hace muy pocos años, los mineralogistas denominaban calamina al silicato de zinc, y esmisonita al carbonato; pero en la actualidad, Delafosse, Leymerie, Brooker, Miller, Filips y otros autores, teniendo presente que en la mezcla llamada calaminar, abunda mas el carbonato que el silicato, han cambiado los nombres y llaman, como hemos indicado, calamina al primero y esmisonita al segundo.

CARACTERES.—La forma primitiva de la calamina es un romboedro de 107° 40′, análogo al de la caliza, dolomia y siderosa; fácilmente exfoliable en direccion paralela á las caras, dando por resultado romboedros de 137° 7′, ó de 66° 30′; cuando es pura se presenta incolora y de brillo vítreo, pero generalmente ofrece color blanco amarillento ó pardo, y lustre ó aspecto lapídeo; raya al espato fluor y se raya por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 4,4. Se funde al soplete en esmalte blanco; colocada sobre el carbon, y sometida al fuego de reduccion, se cubre de humos blancos, observándose al propio tiempo una llama intensa de color blanco azulado; se disuelve con efervesencia en el ácido nítrico, cuya disolucion produce por medio del amoniaco un precipitado blanco de óxido de zinc, que es soluble en un exceso de reactivo.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de zinc.	64,5
Acido carbónico.	35,5
	100,0

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en romboedros obtusos ó agudos, incoloros, y trasparentes. 2.ª Prismática y pseudomórfica, siendo esta última forma debida á escalenoedros de caliza. 3.ª Concrecionada, se presenta en masas mamelonadas traslúcidas, de aspecto cristalino y de un lustre parecido al de la calcedonia, siendo sus colores el amarillo verdoso, amarillo de miel, el pardo ó el blanco. 4.ª Compacta, en masas opacas amarillas ó parduscas, de aspecto terroso y de estructura careada. Todas las variedades citadas son muy impuras, por la mezcla con la esmisonita, carbonatos de hierro, de manganeso y de cadmio. La variedad llamada cuprífera ú oricalcita, contiene una corta cantidad de carbonato de cobre.

YACIMIENTO.—Se encuentra la calamita en filones en los terrenos primarios ó paleozóicos, ó en depósitos irregulares en los terrenos de sedimento moderno. Los puntos de Europa donde abunda la calamina son Inglaterra, Bélgica, Silesia, Sajonia, Harz, etc. En España la tenemos en las mismas localidades que la blenda.

USOS.— Para la extraccion del zinc.

ZINCONISA—ZINC HIDRO-CARBONATADO—CARBONATO DE ZINC HIDRATADO—Fórmula química $ZnO, Co^2 + HO$

CARACTÉRES.—La zinconisa (de *cónis*, polvo) se presenta constantemente en masas testáceas ó terrosas compuestas las primeras de capas onduladas; color blanco puro ó de un amarillo claro; muy blanda, hasta el punto de dejarse rayar por la uña; su peso específico 3,6. La zinconisa tiene la particularidad de adherirse á la lengua; puesta en contacto del agua la absorbe en gran cantidad, que pierde mediante la calcinacion. Los caractéres químicos de esta sustancia son idénticos á los de la especie anterior. Se considera por varios mineralogistas como una alteracion del carbonato anhidro, al cual va asociado, revistiendo su superficie de una costra blanca y terrosa.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de zinc.	71,40
Acido carbónico. . . .	13,50
Agua.	15,10
	100,00

YACIMIENTO.—Idéntico al de la calamina, siendo uno de los criaderos mas notables que se conocen el que existe en el pueblo de Comillas (Santander).

USOS.—Para la obtencion del zinc.

ESMISONITA (dedicada á Smithson)—ZINC OXIDADO SILICÍFERO—SILICATO DE ÓXIDO DE ZINC HIDRATADO—Fórmula química $ZnO,SiO^2 + HO$

CARACTERES.—La esmisonita, llamada hasta hace poco tiempo calamina, tiene por forma primitiva ó fundamental un prisma recto ó una pirámide recta de base romboidal ó rectangular, derivada del tercer sistema cristalino; se presenta comunmente litoidea, blanca, blanca-agrisada, amarilla y á veces coloreada de azul por el carbonato de cobre, ó de pardo rojizo por el óxido férrico; raya al espato fluor y se raya por el ortosa, estando representado su peso específico por 3,5; á temperatura poco elevada desarrollan sus cristales la electricidad polar. Da agua por medio de la calcinacion, y se blanquea sin fundirse mediante la accion del soplete; se disuelve en el ácido nítrico sin producir efervescencia depositando al propio tiempo una nube gelatinosa; separado el residuo gelatinoso y tratada la disolucion por el amoniaco, se precipita el óxido blanco de zinc, que se disuelve en un óxido de reactivo.

COMPOSICION EN PESO

Oxido de zinc.	67,06
Acido silícico.	25,49
Agua.	7,45
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas exagonales ó tablas rectangulares, modificadas en sus ángulos. 2.ª Acicular, constituida por agujas muy finas que comunican un aspecto erizado al mineral ó roca en que se halla. 3.ª Concrecionada, se presenta de color gris amarillento y compuesta en algunos casos de pequeños cristales fibroso-radiados, cuya particularidad no se observa en la variedad concrecionada de la calamina ó carbonato de zinc. 4.ª Compacta, de color amarillo con zonas ó fajas mas claras; se distinguen las variedades de esmisonita de ciertas especies de silicatos, con las cuales se confunden á primera vista, por el precipitado blanco de óxido de zinc que produce la disolucion nítrica cuando se la trata por el amoniaco.

YACIMIENTO.—Esta especie mineralógica ofrece dos yacimientos diferentes: 1.ª en filones en los terrenos primarios ó paleozóicos, 2.ª en masas mas ó menos irregulares de sedimentos modernos, constituyendo verdaderos depósitos mas ó menos considerables en union con la calamina, siendo, no obstante, esta última especie la parte mas importante de los depósitos calaminares. Se halla la esmisonita en Bélgica, Inglaterra, Silesia, Francia, Siberia, Escocia, etc. En España existe en las mismas localidades que la especie anterior.

USOS.—Para la obtencion del zinc.

ZINCITA—ZINC OXIDADO ROJO—OXIDO DE ZINC MANGANESÍFERO—Fórmula química ZnO

CARACTÉRES.—La zincita, denominada tambien espartalita y brucita, tiene por forma primitiva, segun Mohs, un prisma romboidal recto de 120°; pero Filips y otros mineralogistas creen que esta especie cristaliza en romboedros análogos á los que ofrecen el óxido férrico anhidro, y el óxido crómico; su color es el rojo pardusco, rojo de jacinto, ó anaranjado; lustre vítreo bastante intenso, trasluciente en los cortes; raya á la fluorina y se raya por la fosforita, siendo su peso específico de 5,4. Infusible al soplete por sí sola, pero mezclada con el borax produce un vidrio amarillo y trasparente; se disuelve sin efervescencia en el ácido nítrico.

COMPOSICION SEGUN BRUCE

Oxido de zinc.	88
Oxido rojo de manganeso. . .	12
	100

Los análisis posteriores hechos por Berzelius y otros químicos, han dado menos cantidad de óxido de manganeso de la que aparece en la composicion anterior, por lo que hoy se considera la zincita como un óxido de zinc coloreado accidentalmente por una corta proporcion de óxido de manganeso.

YACIMIENTO.—Se presenta en láminas pequeñas interpuestas entre los cristales ó granos de la Franklinita (ferro-manganita de zinc y de hierro) en Franklin, Sparta y Sterling en Nueva Jersey (Estados Unidos).

METALURGIA DEL ZINC.—El procedimiento que se sigue para obtener este metal de las calaminas y blendas, consiste esencialmente en lo siguiente: se reducen primero las sustancias indicadas á polvo y despues se someten á la torrefaccion en hornos á propósito; luego se mezcla el mineral que resulta (óxido de zinc puro ó una mezcla de este óxido y de sulfato) con carbon y se introduce en crisoles de barro, que se someten á un fuerte calor blanco. Los crisoles están provistos de tubos ó alargaderas que descienden, atravesando el suelo del horno, á un recipiente de palastro colocado en la parte inferior, y que contiene cierta cantidad de agua para recibir el metal fundido. En este tratamiento, el zinc está sometido á la destilacion denominada *per descensum* (1); el vapor que se forma desciende por las alargaderas, saliendo al través del tapon de corcho que llevan en la abertura superior, que está en comunicacion con los crisoles; de este modo cae el metal gota á gota en el recipiente de palastro donde se solidifica.

GÉNERO—NÍQUEL

El níquel no se presenta libre en la naturaleza, y sí solo combinado con el azufre y arsénico. Fué descubierto por Cronstedt en 1751, desde cuya época se considera como un metal especial. Este cuerpo ofrece, cuando está aislado, un color blanco ligeramente agrisado, lustre metálico, dúctil, maleable y tenaz; tan magnético como el hierro, perdiendo esta propiedad cuando se somete á la temperatura de 400°; su densidad relativa está representada por 8,3. Se altera muy poco en contacto del aire húmedo, pero si se le calienta se convierte en óxido; se disuelve en los ácidos hidroclórico y sulfúrico diluidos, así como tambien en el nítrico; las disoluciones, que son de un color verde mas ó menos intenso, dan un precipitado verde claro por medio de la potasa.

USOS.—Se emplea el níquel para preparar una aleacion susceptible de un hermoso pulimento y que puede adquirir el lustre de la plata; esta aleacion, llamada plata alemana, argentan ó maillechort, se compone de 40 partes de níquel, 60 de zinc y 100 de cobre. Se emplea para la fabricacion de cubiertos y objetos de adorno, sobre todo para los coches, arneses, etc.; los cubiertos de plata alemana tienen el inconveniente de que se oxidan con facilidad, especialmente en presencia de líquidos ácidos, y producen de este modo compuestos venenosos.

Las especies incluidas en el género níquel presentan los siguientes caractéres: color blanco, gris ó rojizo; rayan al espato fluor y se dejan rayar por el feldespato ortosa; soluble en los ácidos, ofreciendo las disoluciones un color verde característico, que dan por el amoniaco un precipitado verde (hidrato de níquel); producen, cuando se les somete al fuego de oxidacion, una coloracion amarilla con una ligera tinta morada; si á la perla que resulta se añade una pequeña cantidad de nitrato potásico y se calienta nuevamente, se produce un color rojo púrpura. Las especies mas importantes de este género son: la niquelita, antimoniquel, Brehitoptita y disomosa.

NIQUELINA Ó KUFER NÍQUEL—NÍQUEL ARSENICAL—ARSENIURO DE NIQUEL—Fórmula química NiAs

CARACTERES.—La forma primitiva de la niquelina es el prisma exagonal regular derivado del cuarto sistema; forma muy rara en la naturaleza, siendo la manera mas general de presentarse esta sustancia la de masas amorfas ó en estado de diseminacion; su color es el amarillo rojizo parecido al del cobre, de donde toma el nombre de kufer níquel que le dan los mineralogistas alemanes; lustre metálico quebradizo, de fractura desigual y concoidea; raya á la fosforita y se deja rayar por el ortosa, presentando una raya ó polvo de color pardo negruzco; el peso específico es de 7,5; desprende olor aliáceo por la percusion. Al soplete exhala vapores arsenicales ó se funde en un glóbulo metálico blanco y quebradizo; comunica al vidrio del borax un color amarillento rojizo que, por enfriamiento, se convierte en incoloro; se disuelve

(1) Procedimiento seguido en Inglaterra; en Bélgica y Silesia se emplea el llamado *per ascensum*.

en el ácido nítrico con separacion del ácido arsénico, ofreciendo la disolucion un color verde de manzana.

COMPOSICION EN PESO

Arsénico	48,80
Antimonio	8,00
Níquel	39,94
Cobalto	0,16
Azufre	2,00
Hierro y manganeso	indicios.
	98,90

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas exagonales, los cuales se reunen entre sí constituyendo masas esferoidales ó dendritas; 2.ª amorfa, en masas pequeñas y de estructura compacta.

YACIMIENTO.—Se encuentra, por lo general, en terrenos metamórficos, asociada casi siempre del cobalto y de los arseniuros de plata, cobre y plomo. Se halla en las minas Allemont, departamento de Isere (Francia), y en las cercanías de Bareges (Pirineos); existe, además, en Cornouailles (Inglaterra), Fresberg (Sajonia), Harz, etc. En España tenemos la niquelina en Casarabonela y Carratraca (Málaga), Lopera (Jaen), Cabo Ortegal (Coruña) y en algunos otros puntos.

USOS.—Para la obtencion del níquel.

ANTIMONIQUEL Ó NÍQUEL BLANCO Ó GRIS—NIQUEL ANTIMONIO SULFURADO—SULFO-ANTIMONIURO DE NIQUEL—Fórmula química $NiSb^2 + NiS^2$

CARACTERES.—La forma primitiva es el cubo; color blanco de color plata con una ligera tinta agrisada, análogo al del mispiquel ó pirita de hierro arsenical: lustre metálico bastante intenso; raya á la fosforita y se raya por el ortosa, teniendo un peso específico representado por 6,45. Se funde al soplete desprendiendo vapores sulfurosos y antimoniales; en algunos casos produce humos blancos aliáceos, porque hay ciertos ejemplares que contienen un 10 ú 11 por 100 de arsénico.

COMPOSICION EN PESO

Azufre	15,76
Antimonio	55,11
Níquel	27,70
	98,57

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en cubos ó cubo octaedros; 2.ª en masas pequeñas laminares ó compactas. Se parece el antimoniquel á la pirita arsenical, pero se distinguen por los vapores blancos antimoniales que produce la primera de estas especies por la accion del calor.

YACIMIENTO.—Se encontró por primera vez en una mina de Harzgerode (Harz) y en Freusbach (Nassau).

BREITHOPTITA—NIQUEL ANTIMONIAL—ANTIMONIO DE NIQUEL—Fórmula química $NiSb$

CARACTERES.—La Breithoptita, así llamada por haber sido dedicada al célebre mineralogista Breithaupt, presenta el ejemplo de una verdadera sustitucion, en la cual el antimonio ha reemplazado por completo al arsénico. Cristaliza en pequeñas tablas de forma exagonal, pertenecientes al cuarto sistema; color rojo de cobre claro ó azul morado; lustre metálico, sobre todo en las bases de los prismas; dureza idéntica á la de la fosforita, y peso específico de 7,5. Colocada sobre el carbon y elevando la temperatura, produce vapores blancos antimoniales; por medio del soplete se reduce, aunque con dificultad, á un boton metálico.

COMPOSICION EN PESO

Níquel	31,43
Antimonio	68,57
	100,00

VARIEDADES.—Cristalizada en tablas exagonales, ó en masas incompletamente laminares.

YACIMIENTO.—Se halla esta especie mineralógica en Andreasberg (Harz), asociada con la galena y la esmaltina; los ejemplares de esta localidad suelen contener una corta cantidad de hierro que reemplaza á otra igual de zinc; los de los Pirineos, y especialmente los del Pico du Midi d'Ossan, pueden servir como ejemplo de tránsito entre la niquelina y la Breithoptita, supuesto que Berthier ha encontrado en los citados ejemplares tanta cantidad de antimonio como de arsénico.

DISOMOSA Ó NIQUEL BLANCO—NIQUEL ARSENIO-SULFURADO-SULFO-ARSENIURO DE NIQUEL—Fórmula química $NiAs+NiS$

CARACTERES.—La disomosa ó níquel brillante, es isomorfa con la cobaltina: cristaliza en dodecaedros pentagonales pertenecientes al primer sistema cristalino; color gris de acero, ó mas bien blanco de estaño, que pasa al gris negruzco en contacto del aire; la disomosa es mineral quebradizo, de una dureza superior á la de la fosforita é inferior á la del ortosa, y su peso específico de 6,2. Mediante la calcinacion desprende vapores de olor aliáceo; si se verifica el ensayo en el tubo cerrado, queda un sublimado amarillo (oropimente) en la parte superior de éste; soluble en el ácido nítrico, depositando al propio tiempo azufre y ácido arsenioso; la disolucion, que es de color verde, se vuelve morada por medio del amoniaco, pero produce un precipitado verde claro por la potasa.

COMPOSICION EN PESO

Níquel	29,94
Hierro	4,11
Cobalto	0,92
Arsénico	45,37
Azufre	19,34
Silice	0,90
	100,58

VARIEDADES.—La disomosa ofrece las mismas variedades que la cobaltina y antimoniquel.

YACIMIENTO.—Existe esta especie mineralógica en Helsingland (Suecia), asociada con algunos compuestos de cobalto; se halla tambien en Prakendorf (Hungría), Fanne y Harzgerode (Harz), Estiria y otros puntos.

GÉNERO—MOLIBDENO

MOLIBDENO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Mo

Este metal, descubierto por Scheele el año 1778, no se encuentra puro en la naturaleza, obteniéndose de alguno de

sus óxidos calentado en un tubo de porcelana, y haciendo pasar una corriente de hidrógeno; el molibdeno en este caso queda reducido á un polvo gris, que desarrolla lustre metálico por medio del bruñidor.

CARACTÉRES.—El molibdeno, obtenido de alguno de sus óxidos, mediante una alta temperatura, ofrece un color blanco de plata mate, siendo su peso específico de 8,6. Se oxida fácilmente y si se expone al aire, el que se ha obtenido por medio de la corriente de gas hidrógeno, se convierte con el tiempo en un óxido de color pardo; se deja atacar con gran intensidad por el ácido nítrico, trasformándose en ácido molíbdico; insoluble en los ácidos sulfúrico é hidroclórico diluidos.

Las especies de este género, en realidad no son mas que dos: 1.ª molibdeno oxidado; 2.ª molibdenita.

MOLIBDENO OXIDADO—ÓXIDO Ó ÁCIDO MOLÍBDICO—Fórmula química MoO^3

CARACTERES.—Mineral que se presenta en cutículas pulverulentas de color amarillo, y cubriendo casi siempre á la molibdenita cuando ha sido alterada. Se funde al soplete con desprendimiento de humos blancos; se reduce en parte, colocado sobre el carbon, y á temperatura elevada; produce un vidrio verde cuando se mezcla con la sal de fósforo.

COMPOSICION EN PESO

Molibdeno	66
Oxido	34
	100

YACIMIENTO.—El molibdeno oxidado se encuentra acompañando á la molibdenita en Altemberg (Sajonia), Linnaes (Suecia), Nummedalen (Noruega), y en el valle de Pfalz (Tirol).

MOLIBDENITA—MOLIBDENO BISULFURADO—BISULFURO DE MOLIBDENO—Fórmula química MoS^2

CARACTÉRES.—La molibdenita ofrece por forma fundamental un prisma exágono regular, cuyas dimensiones no están todavía bien determinadas; se observan en algunos puntos tablas exagonales truncadas en las aristas básicas, presentando una disposicion anular, que tan frecuente es en las sustancias que cristalizan en el cuarto sistema. Este mineral tiene color gris azulado ó gris de plomo, lustre metaloideo, raya únicamente al talco y se deja rayar por el yeso y la uña; untuoso al tacto, y su trazo ó mancha sobre el papel es de color gris, y verde agrisado sobre la porcelana, teniendo un peso específico representado por 4,6. Por medio del soplete desprende vapores de ácido sulfuroso, pero no se funde dejando una materia blanquizca, que no es otra cosa que el ácido molíbdico; se disuelve con dificultad en el ácido nítrico, dando lugar á un precipitado blanco.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Brucholz	Idem de Brandes	Idem de Leybert
Azufre	40	40,4	39.68
Molibdeno	60	59,6	59,42
	100	100,0	99,10

VARIEDADES.—Se presenta siempre cristalizada, ya sea en prismas cortos, sencillos ó modificados en las aristas básicas, ya en escamas ó láminas pequeñas de forma exagonal. Existe tambien en formas de riñones que se encuentran diseminados en ciertas rocas.

Se confunde la molibdenita con el grafito ó plombagina, pero se distinguen teniendo en cuenta que la mancha ó raya que deja el grafito sobre la porcelana es de color gris oscuro, mientras que la de la molibdenita ofrece un color gris verdoso.

YACIMIENTO.—Se halla esta especie diseminada en los granitos antiguos, sea en venas delgadas ó en masas laminares ó escamosas. Las localidades donde se encuentra en el extranjero son las siguientes: Altemberg (Sajonia), Zinnwald (Bohemia), Limoges, departamento del Ródano y de los Pirineos (Francia), Saboya, Piamonte, Tirol, Cornouailles y Cumberland (Inglaterra), etc. En España la tenemos en Villacastin (Segovia), y en varios sitios de la provincia de Asturias y las de Galicia.

USOS.—Para preparar el ácido molíbdico y el molibdeno.

Hace pocos años se ha descubierto un nuevo sulfuro de molibdeno, cuya fórmula está representada por $Mo\ S^3$; Haidinguer la ha denominado pateraita.

GÉNERO—TUNGSTENO

TUNGSTENO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química W

Scheele descubrió el ácido túngstico, y los hermanos Elhujart aislaron el metal.

CARACTÉRES.— Este cuerpo, cuyo nombre deriva de una palabra alemana que quiere decir pesado, ofrece una densidad relativa bastante considerable, 17,5; es un metal muy duro y quebradizo, de color gris de hierro y susceptible de adquirir lustre metálico por medio de la lima. A la temperatura ordinaria no se oxida expuesto al aire, pero lo efectúa al calor rojo, trasformándose en ácido túngstico; puesto en contacto del agua se convierte tambien en ácido túngstico; el ácido nítrico le ataca con energía, así como el sulfúrico mediante la accion del calor.

El ácido túngstico, como se ha dicho, se halla combinado con la cal, el óxido de hierro y el de plomo formando respectivamente la Scheelita (tungstato de cal), el Wolfran (tungstato de hierro) y la Scheelina (tungstato de plomo).

GÉNERO—URANO

Se comprenden en este género, las especies urano metálico, urano oxidulado ó pecurana, la uranita, la calcolita, y jahonnita.

URANO METÁLICO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química U

El óxido de urano fué descubierto el año de 1789 por Klaproth, y en 1842 Peligot obtuvo el urano aislado.

CARACTERES.—Este metal, cuando aislado, ofrece un color blanco de plata, se inflama en contacto del aire á la temperatura de 200°, y arde con llama brillante trasformándose en óxido de urano, caracterizado por su color verde bastante intenso; al calor ordinario no sufre alteracion alguna en el aire, ni descompone tampoco el agua fria. Se disuelve en los ácidos diluidos, desprendiendo al propio tiempo cierta cantidad de hidrógeno; las disoluciones de este metal presentan coloracion verdosa. Unido este cuerpo con el oxígeno constituye la pecurana y la uranita; combinado su óxido con el ácido fosfórico ó sulfúrico, resultan respectivamente las especies calcolita y johannita. Estos minerales, cuyos caractéres físicos son muy distintos, obtienen la propiedad de

producir mezclados con borax un vidrio amarillo al fuego de oxidacion que se convierte en verde por el de reduccion; se disuelven en el ácido nítrico; y tratada esta disolucion por el cianuro ferroso-potásico, da un precipitado pardo-rojizo.

PECURANA—URANO OXIDULADO—ÓXIDO DE URANO MAS SESQUIÓXIDO DEL MISMO METAL—Fórmula química UO, U^2O^3

CARACTÉRES.—La pecurana, llamada tambien urano piceo, es una sustancia de textura mas ó menos compacta, fractura desigual, color negro de pez, ó negro pardusco y lustre craso ó resinoso; raya á la fosforita y se raya por el ortosa, siendo el polvo que resulta de un color verde de aceituna; el peso específico está representado por 6 á 6,5. Infusible al soplete, comunicando á la llama un color verde; mezclada con el borax, produce un vidrio amarillo al fuego de oxidacion, y verde al de reduccion.

COMPOSICION EN PESO

Oxígeno.	15,2
Urano.	84,8
	100,0

YACIMIENTO.—Se encuentra en los terrenos graníticos ó en los filones antiguos metalíferos; existe en las minas de plata de Sajonia, Bohemia y Kongsberg (Noruega), en las de estaño de Cornouailles (Inglaterra), y en algunos puntos de América. En España la tenemos, segun el Sr. Naranjo, en las minas de cobre de Galapagar y Torrelodones (Madrid), aunque en cantidades muy pequeñas.

La uraconisa ó urano-goma, no es mas que un óxido de urano hidratado, cuya cantidad de agua no es todavía bien conocida; se presenta pulverulenta, de color amarillo, produce agua por la calcinacion, y se disuelve en los ácidos, ofreciendo los caractéres de los compuestos de urano. Se encuentra constantemente acompañando á la especie anterior.

URANITA—URANO PEROXIDADO DE HAUY—SESQUIOXIDO DE URANO DE LOS QUÍMICOS, pero segun Philips, la uranita está compuesta de un fosfato hidratado de urano y de cal. —Fórmula química $(CaO)^2Pho^5 + (U^2O^3)^4PhO^5 + 16HO$

CARACTÉRES.—La forma fundamental de esta especie, segun la opinion de M. Descloizeaux, es un prisma recto romboidal del tercer sistema; se presenta comunmente laminar, de color amarillo de limon ó de canario con reflejos verdosos, fractura escamosa; raya al talco y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 3,12. Da agua por la calcinacion, convirtiéndose en amarilla y opaca; colocada sobre el carbon y elevando la temperatura, aumenta de volúmen y concluye por fundirse en un glóbulo negro; se disuelve en el ácido nítrico, ofreciendo la disolucion un color amarillo.

COMPOSICION EN PESO

Uranita de Autun (Pisani)

Acido fosfórico..	14
Oxido de urano.	59
Oxido de calcio.	5,8
Agua..	21,2
	100,0

YACIMIENTO.—Se halla la uranita en los terrenos cristalinos, encontrándose casi siempre en los filones y venas que atraviesan los granitos comunes y pegmatitas. Existe como la especie anterior, en Bohemia, Sajonia, Cornouailles (Inglaterra), Baltimore (Estados Unidos), Autun, departamento de Saone y Loira, y cercanias de Limoges (Francia). En España en las minas de cobre de Torrelodones.

CALCOLITA Ó FORBERITA—FOSFATO HIDRATADO DE URANO Y DE CAL—Fórmula química—$(CuO)^2$ $Pho^5 +$ $(U^2O^3)^4 + PhO^5 + 16$ HO

CARACTÉRES.—La calcolita tiene por forma fundamental un prisma recto de base cuadrada que deriva del segundo sistema cristalino; presenta un color verde de esmeralda, verde-manzana ó de yerba; su fractura es escamosa; raya al yeso y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 3,33. Da agua por la calcinacion: se funde al soplete en un glóbulo negruzco, comunicando á la llama un color verde azulado; tratada por la sosa produce un glóbulo metálico de cobre; se disuelve en el ácido nítrico, ofreciendo la disolucion un color verde amarillento.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de la calcolita de Cornouailles (verificado por Pisani)

Acido fosfórico..	14,4
Oxido de urano.	61,5
Oxido de cobre.	8,6
Agua.	15,5
	100,0

YACIMIENTO.—Corresponde á los terrenos de cristalizacion, donde se halla en los filones metalíferos que atraviesan rocas graníticas y micáceas, sobre todo en los de plata, estaño y cobre. Se encuentra en Bohemia, Suecia, Baviera, Inglaterra, Siberia, etc. En España en las mismas localidades que la uranita.

JOHANNITA—URANO SUB-SULFATADO—SUB-SULFATO DE URANO

CARACTÉRES.—Esta especie, que es sumamente rara, fué descubierta por John, en la mina de Joachimsthal (Baviera); ofrece estructura granudo-terrosa, fractura desigual y de aspecto resinoso, color pardo-amarillento; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 3,19. Da agua por la calcinacion y se disuelve en los ácidos, cuya disolucion precipita en pardo rojizo por el cianuro ferroso-potásico.

El sulfato de urano hidratado presenta color verde de yerba, cristaliza en prismas obtusos correspondientes al quinto sistema, se disuelve en el agua á la que comunica un sabor amargo mas bien que astringente. Se halla, como la especie anterior, en Joachimsthal (Bohemia).

GÉNERO—TITANO

TITANO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Ti

CARACTERES.—Este metal no existe en estado nativo en la naturaleza, y sí solo combinado con el oxígeno, constituyendo el ácido titánico, ó en forma de titanatos de hierro ó de otros compuestos. El titano obtenido en los laboratorios químicos se presenta en forma de un polvo gris, parecido al del hierro cuando se le reduce por el hidrógeno; si se

calienta en contacto del aire, arde con un brillo bastante intenso; si se mezcla con óxido de cobre á la accion del calor, se enciende con tal intensidad, que salta fuera de la vasija en que se hace el experimento. Descompone el agua á la temperatura ordinaria, convirtiéndose en ácido titánico. Este cuerpo fué descubierto en 1781 por W. Gregor, habiendo sido estudiado despues por Klaproth, que le dió el nombre que lleva.

Los compuestos de titano ofrecen colores diversos y un lustre vitreo ó lapideo mas bien que metálico; rayan al vidrio y se rayan por el cuarzo, estando representado su peso específico por 4 enteros próximamente. Se funden con gran dificultad por medio del soplete; mezclados con el fosfato sódico producen un vidrio morado al fuego de reduccion; insolubles en los ácidos.

Las especies mas comunes é importantes de este género son las siguientes: 1.ª rutilo; 2.ª anatasa; 3.ª brooquita; 4.ª esfena. Las tres primeras ofrecen la misma composicion química (óxido ó ácido titánico), cristalizando el rutilo en un prisma de base cuadrada perteneciente al segundo sistema; la anatasa en octaedros agudos del mencionado sistema; y la brooquita en tablas romboidales (tercer sistema), siendo, por consecuencia, uno de los mejores ejemplos de polimorfismo.

RUTILO Ó CHORLO ROJO—TITANO OXIDADO—ACIDO TITÁNICO DE LOS QUÍMICOS—Fórmula química TiO^2

CARACTÉRES.—El rutilo tiene por forma primitiva, como queda dicho, un prisma de base cuadrada susceptible de presentar muchas modificaciones en las aristas áxicas; color pardo rojizo, pardo amarillento ó rojo de chocolate con tendencia al rojo aurora; lustre metálico algo diamantino en los ejemplares cristalizados, siendo craso y resinoso en masas amorfas; raya al feldespato ortosa y se raya por el cuarzo, estando representado su peso específico por 4,2; algunos de los cristales adquieren electricidad polar mediante la accion del calor. El rutilo por sí solo es infusible al soplete; reducido á polvo se disuelve en caliente en el ácido sulfúrico.

COMPOSICION EN PESO

Análisis del rutilo de Saint-Yrieix efectuado por H. Rose

Acido titánico.	98,70
Oxido férrico.	1,30
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas de doce y aun de diez y seis caras terminadas por apuntamiento cuádruple. 2.ª Hemitropiada ó en maclas, variedad que por causa de su aspecto particular la denominó Haüy geniculada. 3.ª Cilindróidea, se presenta en prismas alargados y con estrias longitudinales; esta variedad se halla comunmente en cristales de cuarzo. 4.ª Acicular, en filamentos capilares ó en agujas finas y alargadas, que se encuentran casi siempre en el interior del cuarzo hialino. 5.ª Laminar, en láminas de algun tamaño ó en granos pequeños de estructura laminar. 6.ª Reticulada, variedad formada de agujas sobrepuestas y entrecruzadas formando verdaderas mallas ó redes. 7.ª Ferrifera, presenta color negro y contiene un $^{15}/_{100}$ de óxido de hierro ó titanato de hierro. 8.ª Cromífera, de un gris negruzco análogo al del hierro.

YACIMIENTO.—Se halla el rutilo en los terrenos cristalinos diseminado, por lo general, en el granito comun, en la pegmatita, gneis y en el interior del cuarzo hialino, de cristales incoloros del feldespato adularia, de los de albita, clorita, hierro oligisto y de la esfena. La presencia de las agujas de rutilo en el interior del cuarzo ó del hierro oligisto, indican desde luego que estas tres sustancias se han formado y solidificado en idénticas condiciones. Se encuentran ejemplares laminares de esta especie en Noruega, New-Jersey (Estados-Unidos), en los montes Carpatos (Austria) y San Gotardo; las magnificas variedades aciculares proceden de Madagascar, Brasil y Ceilan. El rutilo cristalizado en prismas existe en varias localidades del Brasil y Estados-Unidos, en Saint-Yrieix y Gourdon (Francia), Suiza, Hungría y otras naciones de Europa.

En España tenemos hermosos ejemplares cristalizados en Horcajo, Horcajuelo, Buitrago y Acebeda (Madrid).

ANATASA Ó CHORLO AZUL DE ALGUNOS MINERALOGISTAS—TITANO OXIDADO—ACIDO TITÁNICO—Fórmula química TiO^2

CARACTÉRES.—La anatasa ú octadreita tiene por forma dominante un octaedro generalmente pequeño y terminado por pirámides ó por ciertas caras de la forma primitiva, ofreciendo en este último caso el aspecto de tablas de base cuadrada; color pardo ahumado, azul de índigo ó gris de acero, lustre semimetálico ó diamantino bastante intenso, trasluciente, frágil; raya á la fosforita y se raya por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 3,9 á 4. Enfusible por sí sola al soplete; mezclada con el borax se funde en un vidrio mas ó menos incoloro, que se convierte en amarillo y despues en azul morado mediante el fuego de reduccion; insoluble en los ácidos.

YACIMIENTO.—Se encuentra esta especie en idénticos terrenos y asociada á las mismas sustancias que el rutilo. Existe en Suiza, Baviera, San Gotardo, Montes Urales, Pirineos y Vosgos, en Cornouailles, Brasil y otros puntos. En España en algunos sitios de la cordillera de Guadarrama.

BROOQUITA Ó ARCANSITA—TITANO OXIDADO—ÁCIDO TITANICO—Fórmula química TiO^2

CARACTERES.—La brooquita, llamada tambien arcansita ó jurinita, cristaliza en tablas romboidales ó en dodecaedros triangulares isósceles que derivan del tercer sistema cristalino. Los ejemplares de esta especie que proceden de los Alpes ó de Inglaterra tienen lustre intenso algo diamantino, color pardo rojizo, ofreciendo un polvo gris amarillento; la arcansita ó brooquita de los Estados Unidos es de color gris de acero con brillo análogo al del hierro magnético; la de los Montes Urales presenta un color rojo de jacinto, lustre intenso, siendo al propio tiempo trasparente, distinguiéndose tambien porque sus cristales ofrecen un aspecto bastante análogo al de los topacios. La dureza de unos y otros ejemplares es idéntica á la del espato fluor, teniendo un peso específico de 5,5 á 6. La brooquita es infusible al soplete é insoluble en los ácidos; mezclada con el fosfato sódico se funde en una perla, que adquiere por la llama de reduccion un color azul.

COMPOSICION EN PESO

	Brooquita de los Montes Urales	Idem de los Estados-Unidos
Acido titánico..	99,36	94,09
Oxido férrico.	1,36	4,50
Alumina.	0,73	Pérdida 1,41
	110,45	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en tablas exagonales de color pardo, ó en dodecaedros isósceles negruzcos. 2.ª Lameliforme, la cual no es mas que la variedad anterior que se presenta en algunos casos en láminas muy delgadas. 3.ª Acicular ó reticulada, compuesta de agujas sumamente finas que se cruzan con irregularidad formando ángulos de 60°.

YACIMIENTO.—Corresponde á los mismos terrenos que las dos especies anteriores. Existe en San Gotardo, Mont-Blanc, Tremadoc y Snowdon (Inglaterra), Arkansas (Estados-Unidos), Miask (Montes Urales), San Cristóbal, departamento de Isère (Francia), etc. En España se encuentra en diversas minas de las cercanías de Somosierra (cordillera de Guadarrama).

ESFENA Ó TITANITA DE LOS ALEMANES—TITANO SILÍCEO CALIZO—SILICO TITANATO DE CAL—Fórmula química $2CaO, SiO^2 + CaO (TiO^2)^3$ (1).

CARACTÉRES.—La esfena (de *sfen*, cuña) ha recibido este nombre por los bordes cortantes que presentan la generalidad de sus cristales. La forma primitiva de esta especie, segun G. Rose, es un prisma romboidal oblicuo (quinto sistema); color amarillo verdoso, verde claro, verde de aceituna, rojo de carne ó pardo rojizo; lustre vivo y diamantino, trasparente, trasluciente ú opaca; raya á la fosforita y se raya por el feldespato ortosa, siendo su peso específico de 3,4 á 3,6. Se funde al soplete únicamente en los bordes, dando por resultado un vidrio oscuro: mezclada con el fosfato de sosa produce, mediante el fuego de reduccion, un vidrio morado si se añade estaño; se disuelve en los ácidos hidroclórico y sulfúrico.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de la esfena del Tirol por G. Rose		Idem de la titanita por Rosalis
Sílice	32,29	31,20
Acido titánico	41,58	40,92
Cal	26,61	22,25
Oxido ferroso	0,96	5,06
	101,44	99,43

VARIEDADES.—1.ª Esfena, propiamente dicha, de color verde ó amarillento: Saussure la confundió con el anfíbol verde ó actinota; 2.ª titanita, que ofrece un color pardo; 3.ª greenovita, de un rojo de carne ó rosa claro. Teniendo en cuenta la forma particular de los cristales, se han establecido por algunos autores las variedades siguientes: 1.ª espintera; 2.ª pictita; 3.ª semelina; 4.ª ligurita, y 5.ª espinelina.

YACIMIENTO.—Se halla la esfena en las rocas graníticas, pizarras micáceas y volcánicas. La variedad denominada esfena se encuentra en los Alpes de San Gotardo; la titanita en Passau (Baviera) y Arendal (Suecia); y la greenovita en San Marcelo (Piamonte). Existen tambien ejemplares de esta especie en Jersey y Kingsbridge (Estados-Unidos) y departamento del Ariége (Francia). Suele ser frecuente en las traquitas, basaltos y fonolitas que se encuentran en ciertos volcanes apagados.

GÉNERO—TELURO

El teluro se presenta nativo y aleado con diversas sustancias metálicas, tales como el oro, plata, antimonio y bismuto, formando las siguientes especies: 1.ª teluro nativo; 2.ª silvanita ó sea el teluro-auro-argentífero, 3.ª elasmosa, teluro-plumbo-aurífero; y 4.ª mulerina, teluro-plumbo-argento-aurífero mas teluro antimonífero.

(1) Dufrenoy y otros mineralogistas incluyen esta especie en el grupo de los silicatos.

TELURO NATIVO—CUERPO SIMPLE—
Fórmula química Te

Este metal fué descubierto en 1782 por Muller en Fatzebay (Transilvania). Kirwan le denominó silvano, y Klaproth, que le encontró en Nagyag, le llamó teluro (de *tellus*, tierra).

CARACTÉRES.—Este mineral, que los químicos colocan y estudian al lado del azufre y arsénico, ofrece grandes analogías con el antimonio respecto á sus propiedades físicas; presenta color gris de plomo ó gris de acero, lustre metálico muy vivo; raya al yeso y se raya por la caliza, quebradizo y de peso específico representado por 6,2. Se funde al calor rojo, y mediante un enfriamiento lento y gradual, adquiere estructura cristalina compuesta de láminas anchas y brillantes, que se descubren por la fractura; su forma primitiva es un romboedro agudo de 86° 57′ análogo al del antimonio y arsénico. Se funde con facilidad al soplete y arde con llama intensa de color azul verdoso, desprendiendo al propio tiempo un olor especial; se disuelve sin residuo en el ácido nítrico; la disolucion da por la potasa un precipitado blanco, que es soluble en un exceso de reactivo.

Segun los análisis practicados por Klaproth, el teluro nativo consta de 92,55 de este metal, 7,20 de hierro y 0,25 de oro.

YACIMIENTO.—Este cuerpo hasta ahora se ha encontrado en pequeñas masas granudas en las rocas arcillosas ó cuarzosas de los filones de oro de Transilvania.

Las especies de este género se caracterizan por su lustre vivo y color gris claro ó gris de acero, por su dureza comprendida entre 1 y 3,5 y por disolverse parcial ó totalmente en el ácido hidroclórico. La mayor parte de las especies producen, mediante la accion del fuego, un residuo argentífero ó aurífero.

SILVANITA—TELURO AURO-ARGENTÍFERO—Fórmula química (Au, Ag) Te^2

CARACTÉRES.—La forma fundamental de esta especie es un prisma recto romboidal; se presenta comumente en prismas aciculares de muy poca longitud, que se exfolian en direccion paralela á las dos secciones diagonales; estos prismas suelen cruzarse entre sí formando ángulos de 60 y hasta 120°, y repitiéndose estos cruzamientos, llegan á constituir una serie de hileras ó filas análogas á las líneas de la escritura persa, de donde se deriva el nombre de oro gráfico que se da á este mineral. Presenta fractura desigual, lustre metálico y color gris de acero; tan blando que se deja rayar por el yeso; su peso específico, segun Muller, es de 5,7, pero Petz dice que es de 8,28. Se funde sobre el carbon, comunicando á la llama del soplete un color azul verdoso, en un glóbulo metálico de un amarillo claro; se disuelve en el ácido nítrico dejando un residuo de oro.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de Klaproth	
Teluro	60
Oro	30
Plata	10
	100

Análisis de Petz

	1.°	2.°
Teluro.	59,97	58,81
Cal.	26,97	26,47
Plata..	11,47	11,31
Plomo.	0,25	2,75
Antimonio. . . .	0,58	0,66
Cobre.	0,76	»
	100,00	100,00

YACIMIENTO.—Este mineral existe en cristales pequeños que por su reunion constituyen verdaderas dendritas ó incrustaciones, que se encuentran, por lo general, en la superficie de ciertos minerales cuarzosos; se halla además en agujas muy finas, diseminadas en el mismo cuarzo, ó en los pórfidos del criadero aurífero de Offembaya y Nagyag (Transilvania).

ELASMOSA—TELURO PLUMBO-AURIFERO—Fórmula química (Pb, Au) (Te,S)²

CARACTERES.—La forma primitiva de esta especie consiste en un prisma recto de base cuadrada, perteneciente al segundo sistema cristalino; fractura desigual y laminar, color gris de plomo oscuro y lustre metálico muy brillante; raya al talco y se raya por el yeso, estando representado su peso específico por 6,8 á 7,2. Se funde al soplete sobre el carbon, colora la llama de azul y cubre el citado apoyo de óxido de plomo; se reduce á un glóbulo gris y maleable, dejando por último un boton metálico de oro. Mediante la calcinacion en el tubo abierto desprende vapores sulfurosos y un sublimado blanco (ácido ú óxido telúrico); se disuelve en el ácido nítrico con depósito de un residuo blanco de sulfato de plomo, que tratado por el soplete da un glóbulo de oro; si en la mencionada disolucion nítrica se introduce una lámina de zinc, se cubre esta de laminillas de plomo metálico.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Klaproth	Id de Berthier
Teluro.	32,2	13,0
Plomo.	54,0	63,1
Oro.	9,0	6,7
Plata.	0,5	»
Cobre..	1,3	1,0
Azufre.	3,0	11,7
Antimonio. . . .	»	4,5
	100,0	100,0

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas tubulares de ocho caras. 2.ª Laminar, se presenta en masas pequeñas formadas de laminillas brillantes, planas ó curvilíneas.

YACIMIENTO.—Se encuentra, del mismo modo que la especie anterior, en las minas de Nagyag y de Offembaya (Transilvania).

MULERINA—TELURO PLUMBO-AURO ARGENTIFERO MAS TELURO ANTIMONIFERO—Fórmula química (Ag Pb Au) (Te, Sb)²

CARACTÉRES.—La mulerina tiene por forma dominante un prisma romboidal recto derivado del tercer sistema cristalino; se presenta comunmente en pequeños cristales laminares ó en láminas rectangulares sencillas ó modificadas; color blanco de plata con tendencia al amarillo de laton ó gris de estaño, lustre metálico que por medio de la raya, se hace mas brillante; su dureza es idéntica á la del yeso, estando representado su peso específico por 7,9 á 8,3. Por la accion del soplete, se reduce á un glóbulo metálico blanco y poco dúctil; se disuelve en el ácido nítrico, depositando cierta cantidad de oro; si en esta disolucion se introduce la lámina de zinc, se cubre de partículas de plomo.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de la mulerina blanca (Petz)

Teluro.	55,39
Oro.	24,89
Plata.	14,68
Plomo.	2,54
Antimonio..	2,50
	100,00

Análisis de la mulerina amarilla (Klaproth)

Teluro	44,75
Oro.	26,75
Plomo.	19,50
Plata.	8,50
Azufre.	0,50
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas rectos romboidales. 2.ª Laminar, compuesta de pequeñas láminas, de un blanco-amarillento. 3.ª Acicular, formada de prismas delgados, reunidos ó diseminados en la caliza espática ó el cuarzo. 4.ª Granuda ó fibroso-compacta.

YACIMIENTO.—La mulerina se encuentra en los filones auríferos de Nagyag (Transilvania), donde está asociada con la elasmosa, así como al cuarzo, caliza, rodonita, galena, blenda, oro y arcilla.

USOS.—Sirve para la obtencion del oro, supuesto que en 100 partes contiene, por lo menos, de 20 á 30 de este metal.

GÉNERO—ANTIMONIO

Este metal existe nativo ó aislado en la naturaleza, y combinado con el oxígeno y azufre, entrando, no obstante, en algunas de sus especies el hierro, cobre y plomo (1). Los minerales mas importantes de este género son los siguientes: 1.ª Antimonio nativo; 2.ª Estibina; 3.ª Kermes; 4.ª Exitela; 5.ª Zinkenita; 6.ª Wolfsbergita; 7.ª Berthierita; 8.ª Romeina, y 9.ª Sonarmonita. Mr. Leymerie forma con estas especies dos grupos esenciales, á saber: 1.° Minerales metalofanos, ó sea de brillo metálico; 2.° Litofanos ó de aspecto litoideo.

PRIMER GRUPO—METALOFANOS

Comprende el antimonio nativo, la estibina, la zinckenita, wolfsbergita, y berthierita.

ANTIMONIO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química Sb

El antimonio se conoce desde el siglo XI de la era cristiana, designando con este nombre á la estibina. Basilio Valentin

(1) La romeina es un antimonio de cal que contiene un 4 por ciento de hierro y de manganeso.

en el XVII hizo mencion del antimonio metálico; Swab, á mediados del último siglo citado, le descubrió en la mina de Sala (Suecia).

CARACTÉRES.—El antimonio nativo se presenta en masas laminares de color blanco de plata ó de estaño con una ligera tinta agrisada, lustre metálico intenso, agrio y fácil de reducir á polvo: raya al yeso y se raya por la caliza, estando representado su peso especifico por 6,5; el del comercio tiene una densidad relativa de 6,8 próximamente; desarrolla por frotacion un olor particular. Se funde al soplete con desprendimiento de vapores blancos é inodoros (óxido de antimonio). Cristaliza fácilmente por medio de la fusion en romboedros de 87°35′; se disuelve con facilidad en el ácido nítrico diluido, dando un precipitado blanco insoluble; reducido á polvo fino se disuelve en el ácido hidroclórico concentrado é hirviendo con desprendimiento de hidrógeno.

YACIMIENTO.—Se encuentra el antimonio en los filones metálicos que atraviesan el gneis y ciertas pizarras, en especial las que contienen minerales de arsénico; generalmente está asociado al arsénico nativo, estibina, galena y plata antimonial. Existe, como se ha indicado, en Sala (Suecia); se halla tambien en Allemont (Delfinado), Andreasberg (Harz), Przibran (Bohemia), Villarica (Brasil), Connecticut (Estados Unidos), Pozuelos (México), etc.

USOS.—El antimonio combinado con el plomo forma la aleacion destinada á fabricar los caractéres de imprenta; unido con el estaño constituye una aleacion blanca, dura y sonora, que se emplea en la preparacion de las planchas para el grabado de música; unido con el hierro forma la aleacion de Reaumur; sirve para preparar varios medicamentos, tales como el tártaro emético, el quermes oficinal, el azufre dorado de antimonio, etc.

ESTÍBINA—ANTIMONIO SULFURADO—SESQUISULFURO DE ANTIMONIO—Fórmula química $Sb^2 S^3$

CARACTÉRES.—La estibina (de la palabra latina *stibium*, antimonio) tiene por forma primitiva un prisma romboidal recto perteneciente al tercer sistema; color gris de plomo ó gris de acero intenso en la fractura reciente, pero adquiere en contacto del aire una tinta azulada; brillo metálico muy pronunciado por la fractura; esta especie es frágil, tiene una dureza igual ó algo superior á la del yeso, y produce sobre el papel ó la porcelana una mancha negra; su peso específico es de 4,6. Se funde fácilmente á la llama de una bujía, y se volatiliza al soplete por completo, con desprendimiento de ácido sulfuroso y vapores blancos antimoniales; se disuelve en el ácido hidroclórico con formacion de hidrógeno sulfurado; soluble además en el ácido nítrico, depositando un precipitado blanco.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis de Proust	Idem de Brandes
Antimonio	75	73,50
Azufre	25	26,50
	100	100,00

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas prolongados. 2.ª Cilindroidea en prismas gruesos, cuya fractura longitudinal presenta una cara de exfoliacion de pulimento bastante intenso; estos prismas se reunen en ciertos casos y forman verdaderos hacecillos. 3.ª Acicular, compuesta de agujas mas ó menos delgadas y radiado-divergentes. 4.ª Capilar, constituida de filamentos muy finos, de lustre sedoso y de color gris oscuro; estos filamentos se entrecruzan comunmente formando una especie de fieltro, dando orígen á la sub-variedad denominada *antimonio de pluma*. 5.ª Compacta, de un grano muy unido, de color gris de plomo y muy análogo á los ejemplares compactos de la manganesa ó pirolusita, de los que se distingue por su fácil fusion.

YACIMIENTO.—La estibina constituye filones de poca extension en los terrenos graníticos y cristalofílicos; rara vez se presenta en venas ó en masas en los terrenos secundarios, siendo las localidades extranjeras mas notables las siguientes: departamento de Isere, Cantal, Puy-de-Dome, Alto Loire y Lozere (Francia); Clausthal y Wolfsberg (Harz); Braunsdorf (Sajonia); existe tambien en varias localidades de Hungría, Toscana, Inglaterra, México, etc. En España se encuentra estibina en Tineo (Asturias), Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real), Losacio (Zamora), Valencia de Alcántara (Cáceres) y en otros varios puntos.

USOS.—La estibina, sin ser muy abundante, puede decirse que es el único mineral que se emplea para obtener el antimonio.

METALURGIA DEL ANTIMONIO.—El procedimiento para obtener este metal es sumamente sencillo: se principia por aislar la estibina ó sulfuro de antimonio mediante una simple fusion que se verifica en grandes crisoles dispuestos en dos filas en el interior de hornos á propósito: una vez separada la estibina se sujeta á la torrefaccion en hornos de reverbero, en los cuales se convierte en un oxi-sulfuro de antimonio; se pulveriza esta sustancia y se mezcla con $^{10}/_{100}$ de carbon impregnado de una disolucion de carbonato sódico; se calcina la mezcla en crisoles con el objeto de que el óxido de antimonio se reduzca el estado metálico; una parte del sulfuro se descompone á su vez por el carbonato sódico, y produce tambien cierta cantidad de antimonio. En el fondo de los crisoles se forma un boton de este metal, denominado *régulo de antimonio*, que aparece cubierto en su superficie de una escoria formada de óxido y de sulfuro de antimonio, que suele aprovecharse para obtener la sustancia llamada *quermes*.

ZINCKENITA—ANTIMONIO Y PLOMO SULFURADO—SULFURO DE ANTIMONIO Y DE PLOMO—Fórmula química $Sb^2 S^3 + PbS$

CARACTÉRES.—Esta especie mineralógica, llamada *zinckenita* por haber sido dedicada á Zincken, se encuentra siempre cristalizada en prismas exagonales bipiramidales, correspondientes al tercer sistema; color gris de acero con tendencia al gris de plomo; lustre metálico, opaca; raya al yeso y se raya por la fluorina, estando representado su peso específico por 5,3. Decrepita por medio del soplete, se funde desprendiendo vapores blancos de antimonio y deposita sobre el carbon un óxido de plomo de color amarillo; se disuelve en el ácido nítrico con un precipitado amarillo (ácido antimonioso), é introduciendo en la disolucion una lámina de zinc, se cubre de partículas de plomo.

COMPOSICION EN PESO

Azufre	22,58
Antimonio	44,39
Plomo	31,84
Cobre	0,42
	99,23

YACIMIENTO.—Esta especie, sumamente rara, fué descubierta por el mencionado M. Zincken en Holberg (Harz), donde está asociada al cristal de roca y estibina.

La plagionita ó antimonio sulfurado plumbífero es una especie bastante análoga á la anterior: cristaliza, sin embargo, en un prisma oblicuo con las aristas truncadas; color gris de plomo oscuro, lustre metálico intenso en las bases del prisma; raya al yeso y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 5,4. Sus caractéres químicos son idénticos á los de la zinckenita.

COMPOSICION EN PESO

Antimonio	37,94
Plomo	40,52
Azufre	21,53
	99,99

YACIMIENTO.—La plagionita fué tambien descubierta por Zincken en Wolfsberg (Harz), acompañada de la estibina y zinckenita.

La jamesonita consta, como las dos especies anteriores, de un sulfuro de antimonio plumbífero: cristaliza en un prisma recto romboidal, perteneciente al tercer sistema; color gris de acero ó gris de plomo oscuro, lustre metálico, fractura concoidea y textura fibrosa bacilar, granuda, reticular ó compacta; raya al yeso y se raya por la caliza, teniendo un peso específico de 5,5 á 6,2. Sus propiedades químicas son iguales á las de las dos especies anteriores.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de la de Extremadura, por Schaffgostch

Azufre	21,785
Antimonio	32,616
Plomo	39,971
Hierro	3,627
Bismuto	1,055
Cobre	»
Zinc	0,421
	99,475

YACIMIENTO.—Se presenta la jamesonita en masas cristalinas, bacilares ó fibrosas, en Cornouailles (Inglaterra), Bottino (Toscana), Arany-Idka (Hungría) y Catta-Franca (Brasil). En España existe en Valencia de Alcántara (Cáceres).

WOLFSBERGITA—ANTIMONIO SULFURADO CUPRÍFERO—SULFURO DE ANTIMONIO CUPRÍFERO—Fórmula química Sb^2S^3+CuS

CARACTÉRES.—Esta especie cristaliza en un prisma recto de 135° 12′, con profundas truncaduras en las aristas laterales; fractura concoidea desigual ó incompleta; color gris de plomo oscuro ó negruzco y lustre metálico; raya á la caliza y se raya por el espato fluor, dando un polvo negro y mate; su peso específico es de 4,47. Decrepita por medio del soplete y se funde fácilmente, cubriendo al carbon de un depósito blanco antimonial, convirtiéndose, por último, en un glóbulo metálico que, tratado por la sosa, produce un boton de cobre.

COMPOSICION EN PESO

Antimonio	46,81
Cobre	24,48
Hierro	1,39
Plomo	0,56
Azufre	26,34
	99,58

YACIMIENTO.—La Wolfsbergita se halla mezclada con cuarzo, el cual á su vez está por lo general cubierto de la pirita cobriza y asociado á la plumosita ó antimonio sulfurado capilar (1), á la estibina y Zinckenita, en Wolffberg (Harz).

BERTHIERITA—ANTIMONIO Y HIERRO SULFURADO—SULFURO DE ANTIMONIO MAS SULFURO DE HIERRO—Fórmula química Sb^2S^3+FeS

CARACTÉRES.—La Berthierita, llamada así porque Haidinger la dedicó á Berthier, recibe tambien el nombre de Haindingerita, dado por Beudant y Berthier. Esta especie ofrece color negro de hierro ó gris de acero oscuro que se altera en la superficie; brillo metálico, aunque nunca tan intenso como el de la estibina, con la que tiene bastante analogía; raya al yeso y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 4,28. Se funde con suma facilidad, desprendiendo vapores sulfurosos y antimoniales, y deja como residuo un glóbulo negro magnético; se disuelve en el ácido nítrico con precipitado blanco, cuya disolucion produce á su vez precipitado azul por el ferrocianuro potásico. Se cree por algunos mineralogistas que esta especie cristaliza en formas derivadas del prisma romboidal recto; en realidad, no se conocen mas que las variedades en masas compactas ó bacilares, constituidas estas últimas de fibras confusas y con indicios de exfoliacion en distintas direcciones.

COMPOSICION EN PESO

Antimonio	52,0
Hierro	16,0
Azufre	30,3
Zinc	0,3
	98,6

YACIMIENTO.—Esta sustancia constituye filones en los terrenos paleozóicos, asociada con el cuarzo, pirita de hierro y espato caliza. Se encuentra en Chazelles cerca de Clermont (Auvernia).

SEGUNDO GRUPO—LITÓFANOS

Las especies mas importantes de este grupo son: 1.ª Kermes; 2.ª Exitela; 3.ª Romeina; y 4.ª Senarmontita.

KERMES—ANTIMONIO ROJO—ANTIMONIO OXIDADO SULFURADO—OXISULFURO DE ANTIMONIO—Fórmula química $Sb^2O^3+2Sb^2S^3$

CARACTÉRES.—El kermes ó antimonio rojo se presenta en agujas radiadas que derivan del prisma rectangular

(1) El antimonio capilar de Haüy, ó *federerz* de Werner, se presenta en cristales capilares, de lustre metaloide-sedoso y de color gris de acero oscuro ó gris de plomo negruzco, ofreciendo comunmente colores irisados. En realidad esta variedad descrita en la estibina con el nombre de antimonio capilar, se distingue, porque la plumosita tratada al soplete cubre el carbon de un depósito blanco de antimonio acompañado del óxido amarillo de plomo. Por otra parte, la composicion de la plumosita es distinta de la estibina, supuesto que aquella consta de los elementos siguientes:

Antimonio	31,04
Plomo	46,87
Azufre	19,72
Hierro	1,30
Zinc	0,08
	99,01

oblicuo, ó sea del quinto sistema cristalino; color rojo de cereza, lustre metálico diamantino ó metaloideo y algo traslúcido; raya al talco y se raya por la caliza, estando representado su peso específico por 4,6. Se funde fácilmente al soplete desprendiendo vapores blancos antimoniales; soluble en el ácido hidroclórico con formacion de hidrógeno sulfurado.

COMPOSICION EN PESO

Antimonio.	75,66
Oxígeno.	4,27
Azufre.	20,49
	100,42

De esta composicion se ha deducido que el kermes consta de un átomo de óxido de antimonio y dos de sulfuro del mismo metal.

YACIMIENTO.—Se encuentra en los filones metálicos, especialmente en los arseníferos y antimoníferos; los mejores ejemplares cristalizados ó en forma de agujas existen en Braünsdorf, próximo á Freyberg (Sajonia), Horhausen (Nasau), Michelsberg y Przibran (Bohemia) y Pernek (Hungría); se halla tambien en Pereta (Toscana) y departamento del Isere (Francia). En Andreasberg (Harz) se encuentra una variedad denominada yesca mineral, compuesta de fibras capilares y entrelazadas, formando una especie de fieltro.

EXITELA—ANTIMONIO BLANCO—ANTIMONIO OXIDADO—SESQUIOXIDO DE ANTIMONIO—Fórmula química Sb^2S^3

CARACTÉRES.—La exitela, llamada tambien valentinita por Haidinger, tiene por forma primitiva un prisma recto rectangular; corresponde al tercer sistema cristalino; color blanco agrisado ó amarillento, brillo nacarado ó diamantino, trasluciente y agria; raya al yeso y se raya por la caliza, teniendo un peso específico representado por 5,6. Se funde á la llama de una bujía, volatilizándose por completo mediante la accion del soplete; se disuelve en el ácido hidroclórico, dando la disolucion un precipitado blanco si se la trata por el agua.

COMPOSICION EN PESO

Sesquióxido de antimonio.	86
Oxido de hierro.	3
Sílice.	8
	97

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en tablas rectangulares ó tabulares. 2.ª Acicular, compuesta de pequeños prismas romboidales sumamente finos. 3.ª Compacta ó amorfa, se presenta en masas de estructura granuda ó bacilar. 4.ª Terrosa, se halla cubriendo á la estibina ó sesquisulfuro de antimonio.

YACIMIENTO.—La exitela se encuentra en los filones de plata arsenical, asociada á la mencionada estibina, kermes y galena. El principal criadero de este mineral existe en Sensa (Argelia); en Europa se halla en Przibran (Bohemia), Wolfsberg (Harz), Pernek (Hungría), departamento del Isere (Francia) y en algunos otros países. En España la tenemos en Losacio (Zamora).

La estibiconisa, ocre de antimonio ó Cervantita, no es otra sino el ácido antimónico de los químicos: ofrece estructura terrosa, fractura desigual, tan blanda que se raya por la caliza, siendo su color el amarillo rojizo ó amarillo isabela con puntos blancos debidos á la caliza que tiene interpuesta, su peso específico es de 3,7 á 4,09. Se funde al soplete y colocada sobre el carbon, produce un régulo quebradizo rodeado de una aureola ó depósito blanco (óxido de antimonio).

COMPOSICION EN PESO

Antimonio.	67,50
Oxígeno.	16,85
Carbonato cálcico.	11,45
Oxido de hierro.	01,50
Residuo insoluble.	02,70
	100,00

YACIMIENTO.—La estibiconisa se halla en masas terrosas cubriendo la superficie del sesquisulfuro de antimonio en Hungría, Bohemia, Francia y otras naciones de Europa. En España se encontró en alguna abundancia (año de 1844) en el terreno metamórfico de Losacio (Zamora), cuyos ejemplares, segun el ingeniero Escosura, están formados del ácido antimónico hidratado, con mezcla de antimonio, plata, plomo y sesquióxido de hierro.

SENARMONTITA—ANTIMONIO OXIDADO—SESQUIÓXIDO DE HIERRO—Fórmula química $Sb^2 S^3$

CARACTÉRES.—La senarmontita es un mineral dimorfo, supuesto que cristaliza en octaedros regulares (1.° sistema) y en tablas ó agujas prismáticas romboidales que derivan del tercer sistema; fractura concoidea, color blanco-agrisado, lustre diamantino-nacarado, semitrasparente ó traslúcida, agria, raya al yeso y se raya por el espato fluor, siendo su peso específico de 5,5. Se volatiliza por completo mediante la accion del soplete, insoluble en el ácido nítrico y soluble en el hidroclórico.

COMPOSICION EN PESO

Oxígeno.	15,7
Antimonio.	84,3
	100,0

YACIMIENTO.—Los cristales tabulares de senarmontita, análogos á los de la estilbita y baritina, fueron encontrados en Bohemia, Hungría, Sajonia y Delfinado; pero existe esta especie abundante en la mina de Sensa, provincia de Constantina (Argelia), donde se presenta en masas granudas ó compactas, con oquedades tapizadas por cristales octaédricos de la misma sustancia observados y descritos por Sénarmont. En España existe en Cervantes (Galicia) y Losacio (Zamora).

USOS.—Esta especie mineralógica, del mismo modo que la exitela, kermes y estibiconisa, se emplea para la obtencion del antimonio.

ROMEINA

Compuesta, segun Damour, de óxido de calcio combinado con el óxido antimónico, pero Dufrenoy y Breithaupt suponen que es un antimonito de cal, cuya fórmula es la siguiente: CaO, Sb^2O^3

CARACTÉRES.—La romeina (dedicada al célebre mineralogista Romé de l'Isle) cristaliza en octaedros de base cuadrada, pertenecientes al segundo sistema; su color es el amarillo de miel ó rojo de jacinto; raya al vidrio y se deja rayar por el cuarzo, estando representado su peso específico

por 4,7. Mezclada con la sosa y colocada sobre el carbon se funde en glóbulos metálicos de antimonio, desprendiendo al propio tiempo humos blancos inodoros.

COMPOSICION EN PESO

Cal.	19,29
Antimonio.	64,65
Oxígeno.	16,06
	100,00

YACIMIENTO.—Este mineral fué descubierto por M. Bertrand de Lom en una mina de manganeso situada en San Marcelo (Piamonte), donde se halla asociada al feldespato ortosa, piamontita, greenovita, cuarzo y manganeso.

GÉNERO—ARSENICO

Este cuerpo existe libre ó nativo en la naturaleza, y combinado con el oxígeno y azufre, constituyendo las siguientes especies: 1.ª arsénico nativo; 2.ª arsénico blanco; 3.ª rejalgar; 4.ª oropimente.

ARSENICO NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química As

CARACTÉRES.—Este cuerpo, cuyas propiedades químicas son afines á las del fósforo y nitrógeno, ofrece cualidades físicas análogas á las de los metales últimamente descritos, por lo que los mineralogistas le estudian al lado del antimonio como cuerpos esencialmente mineralizadores ó electro-negativos. Tiene color gris de acero ó gris de hierro y lustre metálico en la fractura reciente, pero se empaña en contacto del aire, adquiriendo color negro y convirtiéndose en mate, á consecuencia de formarse un subóxido de arsénico en la superficie; raya á la caliza y se deja rayar por la fluorina, estando representado su peso específico por 5,8; el arsénico es un mineral agrio y tenaz; inodoro, pero desarrolla un olor de ajos por la accion del choque. En el tubo cerrado se volatiliza por completo sin fundirse; se volatiliza tambien por medio del soplete con desprendimiento de humos blancos, espesos y de olor aliáceo (vapores arsenicales). Este cuerpo, como se ha dicho, se volatiliza por elevacion de temperatura, siendo su vapor incoloro, que se deposita por enfriamiento, en forma de cristales romboédricos.

VARIEDADES.—Además del romboedro agudo (85° 2′) que se obtiene por volatilizacion y enfriamiento, se presenta el arsénico cristalizado en la naturaleza en prismas alargados, no bien definidos, constituyendo las formas bacilares y aciculares. Se encuentra tambien el arsénico concrecionado en masas granudas ó testáceo, formado de capas concéntricas, en cuyo centro se encuentran á veces nódulos de plata nativa y de plata roja.

YACIMIENTO.—El arsénico acompaña, por lo comun, á la galena, argirosa y algunos otros sulfuros, especialmente al de cobalto. El arsénico abunda en las minas de Harz, Sajonia y Suabia; Allemont y Saint-Marie-aux-Mines (Francia). En España se encuentra en ciertas capas de carbon de piedra de las minas de Asturias, asociado al cinabrio ó sulfuro de mercurio de Mieres (Asturias) y á la argiritrosa de Guadalcanal (Huelva).

USOS.—Las aplicaciones del arsénico son muy limitadas; aleado en ciertas proporciones con el platino, cobre y estaño se destina para la construccion de algunos instrumentos astronómicos; sirve para limpiar el vidrio y preparacion de varios medicamentos, tales como el óxido blanco de arsénico, que es una de las sustancias mas venenosas que se conocen.

ARSENICO BLANCO Ó ARSENITA—ARSÉNICO OXIDADO—ÁCIDO ARSENIOSO—Fórmula química AsO^3

CARACTÉRES.—La forma fundamental de esta sustancia es el octaedro regular perteneciente al primer sistema; en la naturaleza se presenta pulverulento ó en masas bacilares y aciculares sobre la superficie de los demás minerales de arsénico; color blanco, lustre vítreo ó craso-diamantino en los cristales trasparentes; su dureza idéntica á la de la caliza y el peso específico de 3,7; el olor es acre y nauseabundo. Colocado sobre el carbon se volatiliza por completo, con desprendimiento de vapores arsenicales.

COMPOSICION EN PESO

Arsénico.	75,81
Oxígeno..	24,19
	100,00

VARIEDADES.—1.ª Octaedros artificiales que derivan del sistema cúbico; 2.ª formas prismáticas, ó mas bien masas fibrosas y aciculares, correspondientes al tercer sistema, siendo por lo tanto otro de los cuerpos dimorfos; 3.ª concrecionada ó pulverulenta.

YACIMIENTO.—Se encuentra el arsénico blanco en todos los sitios en que hay cobalto y hierros arsenicales; existe en Bohemia, Harz, Transilvania, Alsacia, etc. Se ha citado tambien en los azufrales y en los cráteres antiguos de Vulcano y de la Guadalupe.

USOS.—Se emplea para matar ratones y fabricacion del rejalgar y oropimente. Esta sustancia es la que el vulgo conoce con el nombre de arsénico; los labradores y la gente del campo se valen de ella para destruir los animales perjudiciales á la agricultura. Pero el color blanco que ofrece este mineral parecido al de harina y al polvo de azúcar, ha sido y es causa frecuentemente de numerosas desgracias; se distingue, no obstante, de las materias indicadas y de algunas otras con las que á primera vista podria confundirse, porque echado sobre las ascuas desprende humos blancos y un olor de ajos muy pronunciado.

REJALGAR Ó ARSENICO ROJO—ARSENICO PROTOSULFURADO—PROTOSULFURO DE ARSÉNICO—Fórmula química AsS

CARACTÉRES.—La forma primitiva del rejalgar es un prisma romboidal oblicuo, perteneciente al quinto sistema cristalino; su color es el rojo de cochinilla ó de aurora, y amarillo-naranjado cuando se le reduce á polvo; lustre craso, adquiriendo por el pulimento un aspecto semimetálico, trasparente en los cristales no alterados, pero opaco en los expuestos por algun tiempo á la accion de los rayos solares. Mineral muy frágil, raya al talco y se raya por la caliza, siendo su peso específico de 3,5; desarrolla por frote la electricidad negativa. Al soplete, y haciendo el ensayo sobre el carbon, se volatiliza por completo, desprendiendo humos espesos (ácido sulfuroso y ácido arsenioso). Se funde y volatiliza en tubo cerrado, depositándose en su parte superior pequeños cristales de color rojo; en el tubo abierto arde exhalando el olor característico de los compuestos de arsénico.

COMPOSICION EN PESO

Arsénico.	69
Azufre.	31
	100

VARIEDADES.—1.ª Cristalizada en prismas romboidales oblicuos; 2.ª en prismas deformados y agrupados paralelamente en direccion longitudinal; 3.ª compacta, formada de pequeñas masas amorfas de grano muy fino. El rejalgar puede confundirse con la plata roja, cinabrio y cobre rojo, pero se distingue de estas especies por su menor peso especifico y dureza, así como por el olor de ajos que exhala por la accion del calor.

YACIMIENTO.—Se encuentra el rejalgar en los filones de oro, de teluro y de otros minerales de Transilvania, Hungría, Bohemia, Harz, Sajonia, Tirol, Vosgos, Perú, México, etcétera. Se presenta tambien en las rocas volcánicas del Vesubio, Etna, Pozzuolo, azufral de Guadalupe, volcan de Bungo (Japon) y en el monte Kianfiou (China). En España está asociado al cinabrio de Lena (Asturias) y en todas las localidades donde hay cobaltos y hierros arsenicales.

USOS.—El rejalgar, denominado *sandaraca* por Teofrasto y Plinio, se emplea en China y Japon para fabricar ídolos, pagodas y objetos de adorno raros y caprichosos; los turcos lo usan para preparar el *rusma*, pomada depilatoria mezcla de rejalgar y de carbonato calizo; en los teatros y pirotecnia sirve para producir el fuego llamado indio y luces rojas de Bengala: en algunos puntos de Rusia, tales como en Siberia, se emplea contra las fiebres intermitentes.

OROPIMENTE Ó ARSENICO AMARILLO—ARSÉNICO SESQUISULFURADO—SESQUISULFURO DE ARSÉNICO—Fórmula química As^2S^3

CARACTERES.—La forma primitiva del oropimente es un prisma romboidal recto, correspondiente al tercer sistema cristalino; por lo comun, se presenta en masas laminares análogas á las de la mica; su color es el amarillo de limon bastante vivo, aun reducido á polvo, lustre nacarado, metaloideo en las caras de exfoliacion manifiestas, y craso ó resinoso en las demás, semitrasparente ó solo traslúcido en los bordes; raya el talco y se raya por el yeso, estando representado su peso especifico por 3,4. Las propiedades químicas del oropimente son idénticas á las del rejalgar; al contacto del aire, y calentado sobre el carbon, arde con llama de color amarillo y desprendimiento de humos blancos aliáceos; en el tubo cerrado produce, por la accion del calor, un depósito cristalino amarillo, carácter que le distingue del rejalgar, puesto que éste, como se ha dicho, da un depósito rojo.

COMPOSICION EN PESO

Arsénico.	62
Azufre.	38
	100

VARIEDADES.—Los cristales de arsénico amarillo son muy raros y de formas confusas, debido á su poca dureza y á la tendencia que tienen á perder sus aristas y ángulos sólidos; la generalidad de los cristales de esta sustancia son prismas de seis caras con apuntamientos análogos á los del topacio, procediendo casi todos de Tajovva (Hungría). Las variedades de formas y estructuras irregulares pueden reducirse á las siguientes: 1.ª laminar, en masas pequeñas compuestas de láminas nacaradas, fácilmente separables unas de otras; 2.ª granuda; 3.ª testácea ú oolítica; 4.ª compacta, y 5.ª terrosa.

YACIMIENTO.—El oropimente se encuentra generalmente en los mismos terrenos y localidades que la especie anterior. Existe, como hemos indicado, en Tajovva (Hungría), de donde proceden la mayor parte de los ejemplares cristalizados que existen en las colecciones mineralógicas; se halla tambien este mineral en Valaquia, Turquía asiática, Tirol, Suiza, Harz, Vesubio, Zimapan (México) y en ciertos sitios de los imperios de China y del Japon.

USOS.—Se emplea esta sustancia, del mismo modo que el rejalgar, en la pintura y fábricas de telas y papel pintado: los libreros la destinan para dar color amarillo á las hojas y cantos de los libros; sirve tambien para teñir de este color á las maderas blancas, dándolas de esta manera un aspecto parecido á las que proceden del boj; por último, los turcos la emplean para formar el rusma ó pomada depilatoria.

CLASE CUARTA—COMBUSTIBLES

Comprende esta clase minerales sólidos (menos la nafta y petróleo) esencialmente inflamables, sin brillo metálico ó metaloideo, y no presentan ni la gran densidad relativa, ni las demás particularidades que distinguen á las piedras propiamente dichas y á los metales (1): las sustancias incluidas en esta clase arden con mas ó menos facilidad por medio del calor y en contacto del oxígeno del aire, perdiendo de peso las unas, mientras que las otras, por el contrario, adquieren mayor densidad relativa.

M. Delafosse divide la clase de los combustibles en dos secciones: 1.ª combustibles carbonosos; 2.ª combustibles sulfurosos. Nosotros, siguiendo en parte las ideas de Leymerie, establecemos los siguientes grupos: 1.° Azufres. 2.° Resinas. 3.° Betunes. 4.° Carbones, y un apéndice que denominaremos sales orgánicas.

(1) En realidad los combustibles de ciertos mineralogistas debieran formar un grupo independiente de los demás minerales, cuyo grupo podria denominarse seudo-mineral.

PRIMER GRUPO—AZUFRES

Este grupo no comprende mas que dos especies, que son: 1.ª azufre nativo, 2.ª azufre seleniado, ó mejor dicho, sulfuro de selenio.

AZUFRE NATIVO—CUERPO SIMPLE—Fórmula química S

CARACTERES.—El azufre pertenece á los cuerpos simples metaloideos de los químicos, siendo el mas electro-negativo despues del oxígeno, fluor, cloro, bromo y yodo; forma en union con el selenio y teluro la familia denominada *Sulfúridos*, y, como dijimos al hablar de los caractéres químicos, es un elemento esencialmente mineralizador, formando parte de ochenta y tantas especies minerales.

La forma primitiva del azufre es un octaedro agudo que deriva del tercer sistema cristalino: se obtienen cristales

prismáticos ó agujas prismáticas de este cuerpo por medio de la fusion y enfriamiento, correspondientes al quinto sistema ó al prisma romboidal oblicuo simétrico, siendo, por lo tanto, el azufre uno de los mejores ejemplos de minerales dimorfos. Presenta fractura concoidea, brillante y algun tanto diamantina, trasparente en ciertos cristales, en cuyo caso ofrece la doble refraccion bien manifiesta; color dominante amarillo de limon, presentándose algunos ejemplares rojizos ó morenos; raya al yeso y se deja rayar por la caliza; bastante frágil, produciendo un ligero chasquido cuando se le oprime entre los dedos; su peso específico es de 2,1 en el azufre natural, y un poco menor en el fundido; desarrolla por frotacion la electricidad negativa ó resinosa y un olor especial. Se funde á poco mas de 111° convirtiéndose en un líquido trasparente y de un color amarillo claro; si se aumenta la temperatura, este color se va volviendo mas oscuro, y al propio tiempo el líquido pierde su fluidez; á 160° se trasforma en un líquido espeso de color pardo; á 200° es tan viscoso que puede volcarse la vasija donde está contenido sin verterse; por último, á mayor temperatura adquiere la fluidez primitiva, y á 400° entra en ebullicion. Puesto un pedazo de azufre en el tubo de ensayo y elevando la temperatura, se volatiliza y condensa en la parte superior y fria del tubo en forma de agujas prismáticas derivadas del quinto sistema; si se quema al contacto del aire, arde con llama azulada y desprendimiento de ácido sulfuroso; se disuelve en el sulfuro de carbono y esencia de trementina, cristalizando, por evaporacion, en octaedros agudos pertenecientes al tercer sistema.

El azufre, como queda dicho, es uno de los cuerpos mas abundantes en la naturaleza, hallándose nativo y constituyendo sulfuros y sulfatos. Para probar la gran cantidad que existe de este cuerpo en la naturaleza, cita Payen dos ejemplos, á saber: el sulfato de cal y las piritas. Pero además de estas combinaciones, el azufre entra á formar parte de los séres organizados; se encuentra en la caseina, fibrina, albumina, etc. Un individuo, cuya carne muscular se deseque, por cada 11 kil. contendrá 100 gramos de azufre.

VARIEDADES DE FORMA REGULAR.—Octaedros sencillos, mas ó menos modificados en sus aristas y ángulos sólidos. Los hermosos y notables ejemplares de azufre octaédrico que figuran en el museo de Historia Natural de Madrid, proceden de Conil (Cádiz); encuéntranse tambien estos mismos cristales en Libros (Teruel). En el extranjero son notables los octaedros que existen en Católica (Sicilia) y California.

VARIEDADES DE COLOR.—Las mas comunes é importantes son las siguientes. 1.ª Variedad de un amarillo puro, amarillo de limon ó de aceite (cristales de Conil); amarillo de miel ó amarillo rojizo (cristales de Sicilia); amarillo verdoso (cristales de Casena, Italia). Finalmente, existen ejemplares rojizos, agrisados ó blanquizcos. Segun la opinion de varios mineralogistas, estas dos últimas coloraciones del azufre, y la opacidad que presentan los ejemplares, son debidas á una sustancia arcillosa ó bituminosa que se halla mezclada ó interpuesta. Respecto al color rojizo que presentan comunmente los individuos que proceden de Sicilia, y aun los de los terrenos volcánicos, se atribuye por muchos autores á una corta cantidad de arsénico rojo ó de óxido de hierro; no obstante, M. Stromeyer cree que el color rojo naranjado que presenta el azufre sublimado que se encuentra en Vulcano, reconoce por causa la mezcla del azufre con el selenio.

VARIEDADES DE ESTRUCTURA Y ASPECTO.—1.ª Azufre vítreo, de fractura y lustre vítreo, siendo en algunos casos mas ó menos resinoso, trasparente ó traslúcido y fractura concoidea; el azufre vítreo se considera como la variedad típica de la especie. 2.ª Estalactítico ó estalagmítico, variedad que presenta un amarillo de limon ó agrisado. 3.ª Fibroso ó acicular, se halla en masas estratificadas formadas de agujas cristalinas en Guadalupe; existe tambien esta variedad concrecionada, de un amarillo blanquizco y de estructura fibrosa ó casi compacta; estos ejemplares se hallan en San Felipe de Toscana y en la gruta de San Fidel, próximo á Siena. 4.ª Compacta, formada de masas amorfas de color blanco ó gris-amarillento, estando asociadas al azufre cristalizado de los terrenos de sedimento. 5.ª Dendrítico, constituido por octaedros sumamente pequeños y reunidos entre sí formando hacecillos fibrosos y con estrías trasversales; se le llama tambien azufre estriado de los volcanes. 6.ª Pulverulento ó flor de azufre, en masas terrosas, compuestas de moléculas poco unidas entre sí, ó bien en capas amarillentas ó en polvo blanquizco cubriendo la superficie de ciertas lavas. 7.ª Azufre seudo-mórfico ó epigénico, que suele reemplazar á las semillas de las especies de *Chara* (plantas acotiledóneas), ó bien á las especies del género *Planorbis*, ó caracoles de agua; tal es lo que se observa en el *Planorbis sulfureus*, de Libros (Teruel), cuya especie está convertida por completo en azufre, ejemplo sumamente raro y curioso, y caso único en su género, segun Vilanova, Director de esta obra.

YACIMIENTO.—El azufre se encuentra en casi toda clase de terrenos, ya sea en cristales empotrados en ciertos minerales, ya en bolsadas, nódulos, y en algunos casos en pequeñas partículas que sirven como de cemento á la roca, ó bien pulverulento cubriendo la superficie de aquellas. Esta sustancia no es muy frecuente en los terrenos cristalinos ó paleozóicos, pudiendo decirse que solo ofrece este yacimiento en ciertas localidades de la América; así, por ejemplo, Humboldt y otros geólogos han encontrado azufre en una cuarcita en Ticsan (Andes de Quito), en un pórfido del volcan de Antisana, y en el azufral próximo á la poblacion de Ibarra; existe además diseminado en una caliza metamórfica en Serra-do-Frio y en la roca itacolumita del Brasil.

En Sicilia está en capas, acompañado de margas, yeso, sal comun y celestina; los criaderos de Conil (Cádiz), Libros y Hellin, se encuentran enclavados en el terreno terciario, dispuestos en el último punto en capas numerosas (hasta 22) alternando con calizas y margas lacustres, dusodila y algunos lechos de sulfatos de magnesia. Existen tambien en Benamaurel (Granada) y Benahadux (Almería). Además se encuentra el azufre en los terrenos volcánicos, como el Vesubio y Etna; volcanes de Tenerife y Lanzarote, Guadalupe, Santo Domingo, Java é islas de Sandwich; Vulcano (islas de Lipari), los de Islandia, en los distritos de Husevick y Krysevik, siendo el mas importante de todos, el célebre azufral de Pozzuolo (Nápoles).

EXTRACCION DEL AZUFRE.—El azufre nativo se encuentra mezclado con sustancias terrosas; se sujeta desde luego á una primera purificacion, que se consigue fundiéndolo en calderas á propósito; las sustancias terrosas quedan en el fondo de estas, y el azufre líquido se extrae con cazos y se vacia en vasos de palastro, en los cuales se obtiene el mineral sólido en virtud del enfriamiento. En este estado se vende con el nombre de azufre en bruto. Los residuos terrosos de las calderas, en union con los minerales pobres de azufre, se someten á una destilacion, la cual se verifica en los mismos sitios donde se extrae el azufre. Se ponen las sustancias azufradas en tarros ó vasijas de barro refractario, los cuales tienen en su parte superior una abertura, que está tapada mientras dura la destilacion; esta cavidad está destinada á introducir y sacar los residuos terrosos; cada uno de

los tarros tiene además un tubo de la misma sustancia, algo inclinado, que conduce el azufre líquido á otras vasijas iguales á las primeras, que sirven de recipiente; los tarros últimos llevan en su parte inferior un orificio que se destapa de cuando en cuando, con el objeto de dar salida al mineral líquido que se recibe en cubas llenas de agua. El azufre obtenido por este procedimiento, es bastante impuro, pues contiene un 10 ó 15 por 100 de sustancias terrosas. Esta clase de mineral, recibe tambien en el comercio el nombre de azufre en bruto. Para purificarle por completo, se introduce en hornos especiales de fundicion, en los cuales se obtiene á la vez el azufre en cilindros, cañon ó canutillo y las llamadas flores de azufre.

Mr. Thomas, con el objeto de extraer todo el azufre de la materia mineral, acaba de inventar un procedimiento sumamente sencillo: consiste esencialmente en valerse de un gran cilindro de fundicion colocado horizontalmente, pero algo inclinado en uno de sus lados: este cilindro puede cerrarse por sus dos extremos é introducir en él los minerales terrosos. Luego que el cilindro está lleno, se hace llegar vapor de agua sometido préviamente á una temperatura superior á la de 100°, y bajo la presion de cuatro atmósferas; de esta manera se produce un calor de 130°, mediante el cual se funde el azufre; se separa despues de la ganga terrosa, y corre hácia la parte baja del cilindro. La operacion dura próximamente una hora, obteniéndose todo el azufre en un estado de pureza mayor que el de los demás procedimientos.

USOS. — El azufre se presta á numerosas é importantes aplicaciones á la industria, agricultura, medicina, etc. Mezclado con el nitro y carbon, constituye las diversas clases de pólvora; sirve para la fabricacion del ácido sulfuroso y sulfúrico; unido con el hidrógeno forma el ácido hidro-sulfúrico ó súlfido-hídrico, cuerpo que tiene gran interés en la Química. Se emplea en la fabricacion de moldes de medallas, para tomar impresiones, fabricacion de pajuelas y azufrado de mechas; contiene la putrefaccion ó fermentacion de varios líquidos, por lo cual se usa para la conservacion de ciertas materias orgánicas que se destruyen fácilmente. En Agricultura, se emplea para azufrar la vid con el objeto de destruir el oidium. Sirve además para quemar ó volcanizar el cauchouc, comunicándole las cualidades tan apreciadas en la industria: se usa el azufre en Medicina para la curacion de las enfermedades de la piel, empleándose en forma de ungüentos, pomadas, etc., mezclado con sustancias grasas, tales como manteca, cera, etc., etc., se administra interiormente contra las enfermedades del pulmon y de las vísceras del abdómen.

AZUFRE SELENIADO—SULFURO DE SELENIO—Fórmula química SeS

Esta sustancia de un color amarillento naranjado, se encuentra en forma de costras mezcladas con el cloruro amónico en el cráter de Vulcano (islas de Lípari). Mr. Stromeyer supone que es un sulfuro de selenio mezclado con una corta cantidad de sulfuro de arsénico. Delafosse y otros mineralogistas, sin afirmarlo por completo, creen que no es mas que una mezcla de azufre y de selenio en proporciones indefinidas. Segun la opinion de Mitscherlich, los cristales que se han observado de esta sustancia corresponden al prisma romboidal oblicuo. El mineralogista Dana dice que se ha encontrado el sulfuro de selenio en el volcan de Kilauea (islas Sandwich); del Rio asegura haber hallado selenio nativo en Culebras (México); por último, este cuerpo simple existe en pequeñas cantidades en el azufre que se extrae de la torrefaccion de las piritas de Fhalun (Suecia), donde fué descubierto por Berzelius el año de 1817.

SEGUNDO GRUPO—RESINAS

Las sustancias minerales comprendidas en este grupo están compuestas de oxígeno, hidrógeno, y carbono en proporciones indeterminadas ó variables; su color es amarillo, pardo, rojizo, traslucientes, y de lustre resinoso bastante pronunciado; los cuerpos de esta seccion son frágiles, blandos y de un peso específico poco mayor que el del agua destilada, teniendo la propiedad de desarrollar por medio de la frotacion, la electricidad negativa. Arden ó se inflaman con facilidad, desprendiendo gran cantidad de humos y olor resinoso. Las especies, ó mejor dicho, las sustancias mas principales de este grupo son las siguientes: 1.ª Succino; 2.ª Retinita; 3.ª Copal-fósil.

SUCCINO—AMBAR AMARILLO—ELECTRON DE HERODOTO Y TEOFRASTO—KARABE Ó KARUBA DE LOS PERSAS—COMPOSICION VARIABLE

CARACTÉRES. — El succino ó ámbar amarillo se presenta generalmente reniforme, de color amarillo naranjado, amarillo de miel, amarillo rosado, blanquizco, verde de aceituna, pardo y negruzco; semitrasparente ó traslúcido, habiendo tambien ejemplares opacos; su fractura es concoidea y el brillo resinoso; raya al yeso y se raya por la caliza; frágil, su peso específico de 1,8; se electriza fácilmente por medio de la frotacion, desarrollando la electricidad negativa; esta propiedad la conocian los antiguos mineralogistas, que denominaron á esta sustancia *electrum*, y de aquí el nombre de electricidad, porque el succino fué la primera sustancia en que notaron esta particularidad. Arde con llama amarillenta á temperatura poco elevada, exhalando olor resinoso agradable y depositando á poco tiempo una materia ó residuo carbonoso. El succino produce, por destilacion, diversos compuestos, siendo los mas principales el ácido succínico, un aceite volátil, dos clases de resinas, que son solubles en el alcohol y éter, y una sustancia insoluble.

COMPOSICION EN PESO

Análisis de Drapier

Carbono.	80,59
Hidrógeno.	7,31
Oxígeno.	6,73
Cenizas.	3,27
Pérdida.	2,10
	100,00

YACIMIENTO.—Se encuentra casi siempre esta sustancia en las arenas, arcillas y lignitos de los terrenos terciarios; abunda en las costas del mar Báltico desde Dantzick hasta Memel; en estos puntos existen ejemplares de tamaño variable, llegando algunos, como el del Museo de Berlin, á medir 14 pulgadas de largo y á pesar 13 libras; se encuentra tambien en Pietralia (Sicilia), así como en Villers-en-Prayer, Saint-Pollet, Auteuil y otras localidades francesas. En España se halla el succino en algunos sitios de las provincias de Asturias y Santander, Mora de Rubielos y Utrillas (Teruel), habiéndolo encontrado el Sr. Vilanova en los lignitos de Espadilla (Castellon).

Se cree que el succino no es otra cosa que una resina, que en su orígen debia hallarse disuelta en un aceite esencial, pues no de otra manera puede explicarse la presencia en su interior de restos de insectos y aun de estos animales enteros, y otros pertenecientes á diversos órdenes, así como

tambien la de hojas y pétalos de plantas coniferas. Mr. Dufrenoy cita un ejemplar de succino que existe en el Museo de Upsal, que contiene en su interior una corola completa perteneciente á una planta desconocida.

USOS.—Esta sustancia se emplea en las artes para fabricar objetos de adorno, como collares, pendientes, etc., siendo en la actualidad poco apreciada como piedra fina; sirve para la fabricacion de boquillas de fumar, obtencion de barnices, extraccion del ácido succínico, etc.

RETINITA Ó RETINASFALTO—COMPOSICION VARIABLE

CARACTERES.—La retinita se halla en riñones de color gris amarillento, pardo claro ó rojizo y de fractura resinosa; muy frágil y blanda, teniendo un peso específico representado por 1,05 á 1,5. Arde con suma facilidad desprendiendo olor aromático análogo al del succino; produce tambien, por destilacion, dos resinas solubles en alcohol y éter, depositando al propio tiempo una materia bituminosa.

COMPOSICION EN PESO

Carbono.	80,4
Hidrógeno.	10,7
Oxígeno.	8,9
	100,0

YACIMIENTO.—La retinita se presenta en riñones ó fragmentos redondeados en los lignitos de los terrenos terciarios; se encuentra en Maryland (Estados-Unidos), cercanías de Halle (Sajonia) y en Moravia.

COPAL FÓSIL—COPALITA Ó RESINA DE HIGHGATE—COMPOSICION VARIABLE

CARACTÉRES.—La copalita ó copal fósil se presenta en masas irregulares de color amarillo ó rojizo, lustre resinoso, muy blanda, frágil y de un aspecto análogo al de la resina copal; su peso específico es de 1,16. Arde á temperatura poco elevada, exhalando olor resinoso agradable; se disuelve, aunque en pequeña cantidad, en el alcohol.

COMPOSICION EN PESO

Oxígeno.	2,7
Hidrógeno..	11,7
Carbono.	85,4
	99,8

YACIMIENTO.—Se halla el copal fósil en grandes masas irregulares y acompañado de arcillas en los terrenos terciarios de Highgate, próximo á Lóndres.

Leymerie coloca entre las resinas propiamente dichas y los betunes, ciertas sustancias que designa con el nombre genérico de estearinas, porque están dotadas de una suavidad y aspecto parecido á las materias grasas ó á la cera. Los minerales de esta seccion están compuestos de hidrógeno y carbono; ofrecen un lustre craso ó céreo, y peso específico igual ó algo inferior al del agua destilada; blandos, fácilmente fusibles, solubles en el alcohol y con tendencia á cristalizar. Las especies principales de esta familia son: 1.ª ozokerita; 2.ª escheerita; 3.ª hartita.

OZOKERITA—Fórmula química H. C

CARACTERES.—La ozokerita es un mineral parecido á la cera por la consistencia y traslucidez; color verde puerro ó verde pardusco por reflexion y pardo amarillento por refraccion. Esta sustancia, si bien se presenta amorfa, ofrece en ciertos ejemplares indicios de estructura fibrosa, por cuyo carácter suponen algunos mineralogistas que puede cristalizar en algunos de los sistemas; está dotada de un olor agradable y de un peso específico representado por 0,96. A 80° se funde en un líquido de aspecto oleaginoso; á mayor temperatura se inflama sin dejar residuo alguno; se disuelve fácilmente en aceite de trementina, siendo muy poco soluble en el éter y alcohol.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno.	14,3
Carbono.	85,7
	100,0

YACIMIENTO.—La ozokerita fué descubierta por Meyer en Slanik (Moldavia) en una arenisca que contiene sal comun y lignito; se encuentra tambien en las cercanías de Viena y en la mina de carbon de Arpeth, próximo á Newcastle (Inglaterra).

USOS.—Los habitantes de Slanik y de algunos otros puntos la emplean para el alumbrado.

SCHEERITA—Fórmula química H^2C

CARACTÉRES.—Se presenta en escamas pequeñas ó en laminillas delgadas, blancas, traslúcidas y con lustre nacarado; untuosas al tacto, frágiles, presentando en algunos casos indicios de formas cristalinas que pueden referirse al prisma romboidal oblicuo simétrico; su peso específico es casi idéntico al del agua destilada. Se funde á 44° de temperatura, y se disuelve en el alcohol, cristalizando, por evaporacion, en agujas entrecruzadas y de color blanco ó agrisado.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno.	25
Carbono.	75
	100

YACIMIENTO.—Esta sustancia fué descubierta por Scheerer en un lignito de Uznach, próximo á Saint-Gall (Suiza).

HARTITA—Fórmula química H^5C^6

CARACTERES.—Mineral de color blanco parecido á la cera y compuesto de pequeñas escamas ó laminillas exagonales, que derivan del prisma romboidal oblicuo simétrico. La hartita tiene gran analogía con la especie anterior ó sea la escheerita; pero se distinguen en que la primera se funde á 74°, mientras que la segunda lo efectúa á 45°; además la cantidad de carbono es mayor en la hartita que en la escheerita.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno.	12,2
Carbono.	87,8
	100,0

YACIMIENTO.—La hartita se encuentra en las hendiduras de los lignitos de Oberhart, próximo á Gloggnitz (Austria) y en Rosenthal (Estiria).

TERCER GRUPO—BETUNES

Los minerales incluidos en este grupo están constituidos esencialmente por carbono é hidrógeno; arden ó se inflaman á temperaturas poco elevadas produciendo humos densos y un olor fuerte y característico. La generalidad de estos cuerpos tienen un peso específico inferior al del agua destilada; se presentan sólidos unos, otros líquidos; estos son incoloros ó de color amarillento pardusco; aquellos negros ó de un pardo oscuro y completamente opacos. Hay tambien betunes viscosos que pueden considerarse como un tránsito entre los sólidos y líquidos. Se comprenden en este grupo tres sustancias importantes, á saber: 1.ª nafta; 2.ª asfalto; 3.ª betun elástico ó elaterita.

NAFTA

Esta sustancia puede dividirse en dos sub-especies: 1.ª nafta propiamente dicha; 2.ª petróleo.

1.ª *sub-especie.* — NAFTA Ó BETUN LÍQUIDO DE ALGUNOS MINERALOGISTAS—HIDRÓGENO CARBONADO—CARBURO DE HIDRÓGENO—Fórmula química H^5C^3

CARACTERES.—La nafta es una sustancia bituminosa, líquida á la temperatura ordinaria, trasparente, de aspecto oleaginoso y de color blanco amarillento, ó de un amarillo claro cuando está pura; su peso específico está representado por 0,75; exhala un olor débil agradable á temperatura ordinaria. Se inflama con mucha facilidad, y tambien su vapor en contacto ó por la simple aproximacion de un cuerpo enrojecido; se disuelve en el alcohol, y á su vez la nafta disuelve las resinas y asfalto.

COMPOSICION EN PESO

Hidrógeno.	12
Carbono.	88
	100

YACIMIENTO.—Generalmente se encuentra en los mismos terrenos que el carbon de piedra, lignitos y demás rocas minerales combustibles (1). Las localidades extranjeras en que abunda mas la nafta son: Persia, costas del mar Caspio, Estados-Unidos, China, Japon, Islas de Cabo Verde, Imperio de Birman, Parma, Toscana, Módena, Pirineos franceses, etc. En España existe este cuerpo en varios sitios de la provincia de Santander, Escala (Gerona) y Sierra de Baza (Granada).

USOS.—Para el alumbrado y preparacion de barnices; se emplea la nafta en química para preservar del contacto del aire á los metales muy oxidables, tales como el potasio y sodio.

PETRÓLEO Ó ACEITE DE PIEDRA—COMPOSICION VARIABLE

CARACTERES.—Se presenta líquido, siendo, sin embargo, mucho menos flúido que la nafta; color pardo amarillento ó rojo negruzco; su peso específico está representado por 0,89. Mediante la destilacion, y mezclado con agua, produce un residuo pardo, blando y viscoso; se inflama fácilmente con desprendimiento de humos abundantes y de olor pronunciado.

La composicion química de la nafta es idéntica á la del petróleo, variando, no obstante, la proporcion de los elementos, puesto que en la nafta hay mas cantidad de hidrógeno que en el petróleo, mientras este contiene mas carbono que aquella. Algunos autores suponen que esta sustancia no es mas que la misma nafta que lleva en disolucion cierta cantidad de asfalto.

YACIMIENTO Y ORÍGEN.—El petróleo, del mismo modo que la nafta, se halla en varias localidades, sobre todo en aquellas que están próximas á los llamados volcanes cenagosos y fuentes ardientes ó manantiales de fuego. Los principales depósitos del extranjero existen en Bakou, costas del mar Caspio, en cuyo punto es sumamente abundante; se encuentran tambien grandes cantidades de petróleo en el Imperio de Birman, Estados-Unidos, donde forma inmensos lagos subterráneos, India, Persia, Cáucaso, China, Japon, Islas de Zante y de Cabo Verde, Gavian (Languedoc), etc. En España, segun el Sr. Maestre, se halla en algunos sitios de Cataluña impregnando á varias calizas terrosas ó sea á la creta. El ingeniero español Sr. Cia dice que existe el petróleo sobrenadando en las aguas termales de Guanabacoa y Madruga (Isla de Cuba), donde le denominan, lo mismo que al asfalto, chapapote.

La nafta, el petróleo y aun el asfalto, deben su orígen, segun la opinion de la generalidad de los mineralogistas, á las modificaciones mas ó menos profundas que han experimentado las sustancias vegetales que, trasformadas en ulla ó lignito, producen por destilacion materias bituminosas.

USOS.—Se emplea, como todo el mundo sabe, para el alumbrado; sirve para la fabricacion de barnices y de ciertos preparados farmacéuticos; se ha usado como vermífugo, y el aceite, llamado de Gavian, ha tenido en otros tiempos una gran celebridad bajo este punto de vista.

ASFALTO, PEZ MINERAL, BETUN DE JUDEA Ó PISALFALTO Y BALSAMO DE MOMIAS—COMPOSICION VARIABLE

CARACTERES.—Sustancia bituminosa sólida, compacta, frágil, de fractura brillante y concoidea; su color es el negro de pez y el peso específico de 1,05 á 1,16. Se funde á poco mas de 100°, y arde fácilmente con llama brillante y desprendimiento de humos espesos y olor fuerte de betun; mediante la destilacion produce un aceite bituminoso y deja un residuo carbonoso, que representa la tercera parte del peso del mineral; el asfalto es poco soluble en el alcohol, disolviéndose, por el contrario, con suma facilidad en la nafta.

VARIEDADES.—1.ª Asfalto por excelencia ó betun de Judea, se presenta sólido, de un negro intenso y análogo á la ulla compacta, de la cual se separa por la fractura brillante y concoidea, por su olor de betun y por su gran fragilidad; esta variedad, que se conoce desde época muy antigua, procede, segun indica su nombre, del lago Asfaltites ó mar Muerto. 2.ª Asfalto viscoso ó pisasfalto, variedad muy blanda ó glutinosa y parecida á la pez comun; se endurece por el frio y se ablanda por la accion del calor.

YACIMIENTO.—Se encuentra el asfalto en pequeñas cantidades en el lago Asfaltites ó mar Muerto (Judea) y en la Isla de Cuba y de Santo Domingo; el depósito mas im-

(1) En Sicilia, entre Catania y Caltagirone, existe y he visto el lago llamado Naftia por la gran cantidad de esta sustancia que contiene, fenómeno curioso relacionado con el terreno volcánico y tal vez con algun depósito oculto de combustible. *(N. de la D.)*

portante del mundo se encuentra en la Isla de la Trinidad, en el llano que domina el lago de Pez, que tiene una legua de circunferencia, y desprende un olor tan intenso que se nota á tres leguas de distancia. En España se halla asfalto en Torrelapaja (Zaragoza), Mina-Diana y Maestre (Alava), Vasconcillos (Burgos), Cidones (Soria), Sanlúcar de Barrameda (Cádiz), Manilva próximo á Gibraltar, Tíjola y Bayaque (Almería) y Montorio en la mencionada provincia de Burgos.

USOS.—Los antiguos egipcios le empleaban para embalsamar los cadáveres; los muros de la célebre ciudad de Babilonia eran de ladrillos unidos por un cimento de asfalto; sirve este cuerpo para la preparacion de barnices, lacres y colores, así como para disminuir el rozamiento en las máquinas, mezclándole con cierta cantidad de sebo ó materias grasas; mezclado tambien con arena se emplea actualmente para los pisos y aceras; por último, en algunos puntos se destina para obtener el gas del alumbrado.

CUARTO GRUPO—CARBONES

Las sustancias mineralógicas comprendidas en este grupo están constituidas por el carbono puro, ó por este cuerpo unido al hidrógeno, oxígeno y aun nitrógeno en proporciones indefinidas, no pudiendo, por lo tanto, representarse ninguna de sus especies por una verdadera fórmula química. La generalidad de los carbones presentan colores negros ó pardo-oscuros y un peso específico comprendido entre 1 y 2 enteros. Arden ó se inflaman casi todos ellos á temperaturas mas ó menos elevadas con desprendimiento, en varias de las especies, de sustancias volátiles, dejando por residuo cierta cantidad de cenizas. Las especies de este grupo deben su orígen á las diversas modificaciones ó trasformaciones que han sufrido las plantas de las diferentes épocas á que corresponden cada una de las especies, siendo los cambios de las plantas tanto mas considerables, cuanto mas antiguas son, ó lo que es lo mismo, segun que pertenezcan á los terrenos primarios, secundarios, terciarios ó modernos. Fundados en estas consideraciones, dividiremos el grupo carbones en las siguientes especies: 1.ª Grafito (1); 2.ª Antracita; 3.ª Ulla ó carbon de piedra; 4.ª Lignito; y 5.ª Turba.

GRAFITO—PLOMBAGINA Ó LÁPIZ PLOMO—CARBONO—Fórmula química C

El grafito se considera por muchos mineralogistas como un carbono puro, pero con diferente agregacion molecular que en el diamante; sin embargo, todas las variedades ó ejemplares de esta sustancia contienen, por lo menos, un 4 por ciento de materias extrañas, siendo las mas principales y frecuentes el hierro, sílice, arcillas, cal, alumina y compuestos bituminosos.

CARACTÉRES.—El grafito (de *grafo*, yo escribo) se presenta muy rara vez cristalizado en prismas exagonales que derivan, segun algunos autores, del cuarto sistema cristalino de Dufrenoy ó sea del romboédrico; por lo general se encuentra escamoso y en algunos casos compacto, de color gris negruzco ó gris de hierro oscuro, lustre semi-metálico ó metaloideo mas bien que metálico, suave al tacto; tizna ó mancha los dedos y deja sobre la porcelana ó papel una impresion ó huella de color agrisado y de brillo metaloideo, á diferencia de la molibdenita que produce una mancha brillante de color gris-verdoso; el grafito es un mineral muy blando, pues se deja rayar por casi todos los cuerpos menos por el talco y algun otro, siendo negro el polvo que resulta de la raya; su peso específico está representado por 1,8 á 2,4. Este cuerpo arde con muchísima dificultad sin producir ninguna sustancia volátil; infusible al soplete é inatacable por los ácidos.

COMPOSICION EN PESO

	Análisis del de Ceilan	Id. del de Inglaterra	Id. del de Himalaya
Carbono	94,0	53,4	71,6
Hierro	»	7,9	5,0
Cal y alumina	6,0	36,0	8,4
Sílice	»	»	15,0
Agua	»	2,7	»
	100,0	100,0	100,0

VARIEDADES.—1.ª Cristalina, constituida de láminas pequeñas que ofrecen una forma exagonal, derivada del cuarto sistema. 2.ª Pizarrosa, formada de hojas ó láminas encorvadas de alguna magnitud y difícilmente separables. 3.ª Escamosa, compuesta de láminas mas pequeñas que las de la variedad anterior, brillantes y de un blanco de estaño. 4.ª Terrosa ó compacta, se presenta en masas de color gris ó de un negro mate y compuesta de un grano fino que adquiere cierto brillo por medio del frote. 5.ª Incrustante, en el de Siberia ó capas delgadas cubriendo la superficie de algunas rocas cuarzosas.

YACIMIENTO.—Se encuentra el grafito en los terrenos primarios ó paleozóicos subordinado, por lo comun, á las arcillas, gneis y pizarras micáceas; en algunas localidades se presenta en rocas serpentínicas, porfídicas y calizas sacaroideas. El criadero mas importante, por la abundancia y buena cualidad del grafito, es el de Siberia, descubierto hace pocos años por el francés Alibert de Montauban: los célebres depósitos de Cumberland (Inglaterra), puede decirse que están agotados; existe además esta sustancia en Saboya, Pinheiro (Portugal), Noruega, New-York y Baltimore (Estados Unidos), Morlaix (Francia), Pargas (Finlandia), Ceilan, Baviera, Piamonte, etc. En España le tenemos en Benahavis, Marbella y Pujerra (Málaga), y en diferentes puntos de las provincias de Jaen, Granada, Toledo y Asturias.

USOS.—Se emplea la plombagina ó grafito para la fabricacion de lapiceros, construccion de hornillos refractarios, crisoles, etc.; mezclado con materias grasas sirve para disminuir el rozamiento de las máquinas. Como todo el mundo sabe, los mejores lapiceros venian de Cumberland, pero hoy son mas estimados los célebres de Faber, fabricados con el grafito encontrado en Siberia. Esta sustancia se destina tambien para evitar la oxidacion del hierro, así como para pavonar las armas de fuego y cubrir los moldes usados en galvanoplastia, puesto que el grafito es buen conductor de la electricidad, é impide al propio tiempo la union ó adherencia de las láminas metálicas.

ANTRACITA. ULLA BRILLANTE—COMPOSICION VARIABLE

CARACTÉRES.—Sustancia carbonosa, de color negro agrisado, opaco, brillante y de lustre semimetálico ó metaloideo, ofreciendo algunos ejemplares irisaciones ó reflejos mas ó menos intensos; raya al yeso y se deja rayar por la caliza, estando dotada de un peso específico representado

(1) El diamante, ó sea el carbono puro cristalizado, le hemos estudiado conforme á las ideas de Werner y Leymerie en el grupo de las piedras finas. Haüy, Delafosse y otros eminentes mineralogistas le colocan en la clase *combustibles*.

por 1,4 á 1,9. A temperaturas elevadas arde con mucha dificultad, produce poca llama, no desprende olor ni humos, y tiene la propiedad de decrepitar, por cuya razon no se acostumbra á emplearla como cuerpo combustible en gran escala.

COMPOSICION EN PESO

Carbono.	88
Cenizas.	4
Sustancias volátiles.	8
Hidrógeno..	indicios
	100

VARIEDADES.—Se conocen diferentes variedades de antracita, siendo entre otras las mas importantes las siguientes: 1.ª Poliédrica, compuesta de láminas que afectan formas prismáticas casi regulares, siendo debidas á la retraccion que han sufrido por la accion del calor. 2.ª Pizarrosa, formada tambien de láminas, divisibles en otras mas pequeñas. 3.ª Compacta, ofrece, por lo comun, la forma de riñones mas ó menos voluminosos. Algunos mineralogistas admiten la variedad denominada *vidriosa*, de aspecto homogéneo y fractura compacta con bordes agudos; en realidad es la variedad poliédrica.

YACIMIENTO.—La antracita corresponde esencialmente á los terrenos carbonífero, devónico y silúrico; se encuentra muchas veces encima de la ulla ó carbon de piedra, por lo que algunos geólogos creen que la antracita no es mas que una ulla metamórfica ó mas ó menos modificada. Las localidades extranjeras en donde mas abunda esta sustancia combustible son: Pensilvania, Virginia y Connecticut (Estados Unidos), debiendo estos países en gran parte su prosperidad á las enormes cantidades de ullas metamórficas que en ellos existen; se encuentra tambien este mineral en el pais de Gales (Inglaterra), Alpes del Delfinado y Tarentesa. En España le tenemos en Villaviciosa, Viñon y Colunga (Asturias).

USOS.—Se emplea esta sustancia como combustible, teniendo el inconveniente de decrepitar, por cuya razon tanto en Europa como en América no se ha destinado para el mencionado uso, sino hasta hace pocos años. Se utiliza hoy en las fundiciones y en todas las operaciones en que se necesitan temperaturas muy elevadas; la antracita arde mejor cuando está en grandes masas que en pequeñas, y cuanta mayor sea la corriente de aire. En el país de Gales y en algun otro punto se sirven de la antracita para calentar los hornos de reverbero. La llama que produce este mineral no es debida á la combustion de las sustancias volátiles que pueda desprender por la accion del calor, supuesto que aquellas son en muy corta cantidad, sino á la combustion del óxido de carbono que se forma mediante la corriente de aire que atraviesa una gran capa de antracita.

ULLA—CARBON DE PIEDRA Ú HORNAGUERA—COMPOSICION VARIABLE

CARACTÉRES.—Este mineral, tan abundante como útil y necesario, es un combustible de color negro intenso, brillante, opaco y no cristalino; su estructura es pizarrosa, muy frágil y blando, siendo negro y sin brillo el polvo que resulta de la raya; su peso especifico es de 1,1. El carbon de piedra es una sustancia poco higrométrica; no obstante, disminuye algun tanto de densidad cuando se somete á la temperatura de 100°; introducido en agua absorbe cierta cantidad de este líquido, dilatándose al propio tiempo de una manera sensible. Arde con llama amarillenta y desprendimiento de humo y de olor bituminoso; el residuo que queda despues de la combustion, y que se designa con el nombre de *cok*, ofrece un lustre semimetálico ó metaloideo, siendo duro y sonoro por la accion del choque. La ulla produce por medio de la destilacion diversos gases, como el hidrógeno protocarbonado y bicarbonado, que constituye, como sabemos, el gas del alumbrado; el ácido carbónico, amoniaco, óxido de carbono, ázoe, etc., desprende tambien agua y diferentes betunes líquidos.

El elemento esencial de la ulla es el carbono, al cual van unidos el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, sustancias volátiles y materias férreas en proporciones distintas, segun las variedades. Rara vez se presenta puro este mineral, encontrándose generalmente asociado á caliza, arcillas, carbonato de hierro y sulfuros de este mismo mineral.

COMPOSICION DE LAS DIFERENTES VARIEDADES DE ULLA

	Ulla antracitosa	Crasa de llama corta	Crasa de llama larga	Seca de llama larga
Carbon. . .	95	86	82	75
Hidrógeno.	2	5	6	6
Oxígeno y nitrógeno.	3	7	12	18
	100	98	100	99

VARIEDADES.—Algunos mineralogistas establecen las siguientes: 1.ª Ulla seudocristalina, se presenta en fragmentos prismáticos que proceden, como los que se han indicado en la antracita, de la retraccion que ha sufrido este combustible en el interior de la corteza terrestre. 2.ª Pizarrosa, variedad que puede dividirse en láminas ú hojas mas ó menos gruesas, que presentan una textura algo parecida á las pizarras. 3.ª Laminar, variedad que á su vez se divide en láminas en una sola direccion, mientras que en todas las demás ofrece fractura desigual. 4.ª Compacta, tiene fractura concoidea, resinosa y casi mate. Pertenece á esta variedad el *cannel coal* de los ingleses ó carbon candela, así denominado, porque arde de una manera continua, con llama clara, amarilla y brillante. 5.ª Piciforme, de brillo análogo al de la pez ó resina. 6.ª Ulla irisante, esta variedad ofrece, á consecuencia de un principio de descomposicion en su superficie exterior, colores muy variados, tales como el rojo, amarillo, verde, etc. 7.ª Ulla ligniforme, presenta una estructura parecida á la de los lignitos.

Se han hecho además otras clasificaciones, basadas unas en los caractéres químicos, otras en las localidades, etc. Una de las mejores está fundada en los caractéres pirognósticos: atendiendo, pues, á la combustion, se dividen en tres secciones principales, á saber: 1.ª ullas secas; 2.ª ullas crasas; 3.ª ullas mixtas ó intermedias.

ULLAS SECAS.—Ofrecen analogía con la antracita; su color es el gris de acero, y fractura concoidea mas bien que pizarrosa. Se inflaman ó arden con dificultad, no aumentan de volúmen, y sus fragmentos se aglutinan débilmente; desprenden mucho humo y producen gran cantidad de cok. Estas ullas son las que se destinan generalmente á las máquinas de vapor.

ULLAS CRASAS.—Presentan color negro y estructura esencialmente pizarrosa. Arden con facilidad produciendo una llama intensa, aumentan de volúmen y sus fragmentos se aglutinan dando gran cantidad de cok, que en algunas variedades llega hasta un 60 por 100. Se emplean en la forja y en los hornos de reverbero.

ULLAS MIXTAS.—Presentan color negro, aunque nunca tan intenso y homogéneo como el de las crasas, siendo

al propio tiempo mas ligeras que estas. Arden con llama larga, y sus fragmentos no se aglutinan. Producen, por destilacion, gran cantidad de gases, pero el cok que resulta es muy poco coherente. Se usan para la obtencion del gas del alumbrado.

Los ingleses dividen el carbon de piedra en los cuatro grupos siguientes:

1.° *Calkinh-coal*, ó carbon que se aglutina. Se inflama ó arde con larga llama, siendo esta variedad la que se destina casi siempre á las máquinas de vapor, así como para la obtencion del cok.

2.° *Therry-coal* ó *soft-coal*. Carbon blando ó flojo. Esta ulla es frágil y se aplasta fácilmente. Arde con llama mas ó menos intensa y produce gran cantidad de calor.

3.° *Splint-coal* ó *stateley-coal*. Carbon pizarroso ó astilloso. Ofrece un color negro mate y estructura hojosa. Necesita para arder ó inflamarse temperaturas bastante elevadas, siendo una de las variedades que se destinan para la fundicion y trabajo del hierro.

4.° *Cannel-coal* ó carbon candela. No es mas que la variedad compacta que hemos descrito anteriormente; tiene color negro intenso, fractura concoidea, y no tizna ó mancha los dedos; duro, no compacto y susceptible de adquirir pulimento, por lo que en algunos pueblos de Inglaterra se emplea para la fabricacion de vasos y algunos objetos de adorno. El carbon candela contiene bastante hidrógeno, y se usa de preferencia á los demás en la economía doméstica, porque produce si se quiere mas llama que las otras variedades; se emplea además para obtener el gas del alumbrado.

Los dos primeros grupos mencionados, ó sean el carbon que se aglutina y el blando ó flojo, se designan tambien con el nombre de *cubical-coal* (carbon cúbico), á causa de que sus fragmentos vienen á tener una forma parecida al cubo.

Por último, Mr. Karsten, teniendo en cuenta la naturaleza del cok que producen las diferentes clases de ullas, las ha dividido en tres grupos: 1.° ullas que dan un cok coagulado; 2.° ullas que producen cok fusible y tumescente; 3.° ullas que dan por resultado un cok pulverulento. Los dos primeros grupos corresponden á las que hemos denominado crasas y mixtas, y el tercero á las secas.

YACIMIENTO.—Corresponden las ullas á los terrenos llamados primarios ó paleozóicos, encontrándose esencialmente en el piso superior del designado con el nombre de *carbonífero*, que corresponde al grupo de los terrenos mencionados. El carbon de piedra forma capas de mas ó menos espesor, comunmente sinuosas ó plegadas, y alternando con otras de arenisca, pizarras y arcillas, en las cuales se observan impresiones de hojas de helechos y otras plantas criptógamas, encontrándose tambien con bastante frecuencia variedades litoideas ó terrosas del carbonato de hierro. La ulla hasta ahora no se ha hallado ni en los terrenos de cristalizacion ni en los mas modernos de la serie neptúnica. Segun la opinion de eminentes geólogos, el carbon de piedra constituye una época en la corteza terrestre, la cual ha dado orígen á multitud de fenómenos sumamente importantes, que terminaron con la aparicion de las areniscas abigarradas y las calizas, cuyo orígen y formacion son muy distintos de los de la ulla.

La ulla puede asegurarse que existe en todas las regiones y latitudes, abundando, sin embargo, mas en la zona templada boreal que en la austral. Los criaderos mas importantes de Europa se encuentran en las siguientes naciones: 1.ª Inglaterra, donde existen minas de este mineral, acompañado del carbonato de hierro, en el país de Gales, Dudley, Birmingham, Glascow y Edimburgo: 2.ª Bélgica, en cuya nacion son notables los criaderos de Lieja, Namur, Charleroi y Mons; 3.ª Francia, siendo importantes las ulleras de Anzin, Vicoigne, Aniche, Saint-Etienne, Aveyron y algunos otros; 4.ª Prusia; 5.ª Bohemia. En América son muy notables los criaderos de ullas antracitóideas de Pensilvania, Virginia, Connecticut, Massachussets, Alto Canadá, Nueva Escocia y algunos otros; en Asia existen minas muy abundantes en la llamada India inglesa; habiéndose descubierto recientemente grandes criaderos de este mineral en diferentes localidades de Australia. En nuestras islas Filipinas, segun la Memoria geológico-mineral que acaba de publicar el ingeniero de minas Sr. Centeno y García, existen minas bastante buenas de ullas en Uling, Alpacó y Compostela, cuyos pueblos corresponden á la isla de Cebú; recientemente dice el Sr. Centeno que se ha descubierto un nuevo criadero en la provincia de Albay, situada en el extremo sur de la isla de Luzon, así como tambien algunos otros en la isla de Semerara, al sur de Mindoro, los de la isla Negros y los nuevos del distrito de Surigao en la parte nordeste de la isla de Mindanao.

En la Península existe carbon de piedra en muchos puntos, siendo desde luego los criaderos mas importantes los de Langreo, Quirós, Ferroñés, Arnao, Mieres, Riosa, Santofirme, etc., (Asturias). En la provincia de Córdoba se encuentran el célebre depósito de Espiel y Belmez, que recorre de E. á O. una longitud de diez leguas próximamente, teniendo en algunos sitios hasta media legua de latitud. Existen tambien criaderos bastante notables en las provincias de Palencia y Leon, situados en la vertiente meridional de la cordillera Cantábrica. En los Pirineos de Cataluña se encuentra el célebre criadero de San Juan de las Abadesas (Gerona); por último, se hallan minas de carbon de piedra en Henarejos (Cuenca), Reinosa (Santander), Villanueva del Rio (Sevilla) y en algunos puntos de las provincias de Burgos, Badajoz y Cáceres.

Como hemos dicho, el elemento esencial de las sustancias carbonosas es el carbono, al cual se unen cantidades variables, pero siempre en pequeña proporcion, de oxígeno y de hidrógeno, conteniendo además las ullas una corta cantidad de ázoe. Las diversas cualidades del carbon de piedra así como las de los otros combustibles dependen de la proporcion de los dos primeros gases, es decir, de hidrógeno y oxígeno, observándose que, cuanto mas antigua es la sustancia carbonosa, ó lo que es lo mismo, cuanto mayor sea la descomposicion que hayan experimentado las plantas, disminuye la cantidad de hidrógeno y oxígeno y aumenta, por el contrario, la de carbono. Así por ejemplo, la proporcion de oxígeno decrece á partir de la madera ó carbon vegetal, siendo mayor en esta que en la turba, menos en el lignito que en esta y así sucesivamente hasta llegar á la antracita en que puede considerarse como nula. Respecto del hidrógeno, puede decirse que se halla próximamente en cantidades iguales en todas las sustancias mencionadas. De aquí se deduce, que un combustible será tanto mas moderno, cuanto mayor cantidad de gases contenga y, por el contrario, tanto mas antiguo, cuanto mas rico sea en carbono, notándose tambien que estos últimos están dotados de mayor poder calorífero que los primeros, supuesto que esta propiedad está relacionada con la proporcion de carbono, mientras que la mayor inflamabilidad depende de la mayor ó menor cantidad de sustancias gaseosas.

Los diferentes y variados análisis que se han efectuado en las distintas clases de carbon de piedra, han dado por resultado las conclusiones siguientes:

1.ª Que la cualidad que tienen las ullas de aglutinarse constituyendo una sola masa para producir cok ampolloso, depende de la cantidad relativa de hidrógeno y de oxígeno.

2.ª Que si el hidrógeno predomina sobre el oxígeno, las ullas son mas inflamables ó fusibles, se aglutinan con mas facilidad y producen un cok mas ampolloso. 3.ª Que si la cantidad de hidrógeno es bastante considerable, las ullas producen muy poco cok por la destilacion, á causa de que casi todo el carbono se combina para formar hidrógenos carbonados. 4.ª Que las ullas en que predomina el oxígeno sobre el hidrógeno, no se reblandecen y dan por resultado un cok pulverulento. 5.ª Un color negro intenso, lustre vivo y una dureza considerable relativa son caractéres que indican grande cantidad de carbono y predominio del oxígeno sobre el hidrógeno. 6.ª Un lustre resinoso indica menor proporcion de carbono, así como la cantidad de este será mas considerable si ofrecen lustre vítreo. 7.ª Un lustre intenso, poca consistencia y dureza son señales de mucha cantidad de carbono, y al propio tiempo predominio del hidrógeno sobre el oxígeno. 8.ª Un color negro mate, mucha tenacidad y algo de dureza, indican menor cantidad de carbono que en el caso anterior, pero el oxígeno adquiere una gran preponderancia sobre el hidrógeno. 9.ª Un color pardo negruzco señala grande proporcion de hidrógeno.

USOS.—Importantísimas son las aplicaciones de este precioso combustible, tan abundante como útil y necesario hoy para el hombre. La ulla, como todo el mundo sabe, puede sustituir con gran ventaja á la leña en casi todos los usos á que esta se destina, supuesto que, como hemos dicho, el poder calorífico del carbon de piedra es superior al carbon de leña. Las ullas denominadas *mixtas* se emplean con preferencia para la obtencion de los hidrógenos bi y protocarbonado, ó sea el gas del alumbrado; las llamadas *secas*, como combustible, siendo las que se usan generalmente en las máquinas de vapor; las ullas *crasas* que arden con llama larga, se emplean especialmente en los trabajos de forja y para los hornos de reverbero que necesitan temperaturas muy elevadas, destinándoselas tambien para la extraccion de los hidrógenos bi y protocarbonado. Además de estas aplicaciones importantísimas, sabemos que la ulla produce por destilacion, no solo el cok, sustancia de tanto consumo en nuestros hogares y aun en la metalurgia, sino tambien la brea, ácido fénico, aceites empireumáticos, los cuales están compuestos de diversos principios inmediatos, siendo uno de los esenciales el designado con el nombre de *naftalina*.

LIGNITO—MADERA FÓSIL—MADERA BITUMINOSA Y CARBON PARDO—COMPOSICION VARIABLE

CARACTÉRES.—El lignito es una sustancia combustible de color negro ó pardo oscuro; su fractura puede ser compacta, térrea, pizarreña ó fibrosa, siendo su peso específico de 1,2, y en algunos ejemplares inferior al del agua destilada. Se inflama y arde fácilmente con llama prolongada y desprendimiento de humos y de olor bituminoso, picante y, por lo general, desagradable; al arder sus fragmentos no se aglutinan ni aumentan tampoco de volúmen, careciendo además de la sonoridad del cok ó residuo que dejan las ullas cuando se las destila. Por destilacion, produce gran cantidad de gases, agua acidulada, aceites empireumáticos y otros diferentes productos análogos á los de las ullas.

COMPOSICION EN PESO

	Lignito comun	Azabache	Madera fósil
Carbono	61,40	49,30	44,10
Cenizas	1,70	3,90	1,40
Sustancias volátiles	37,90	46,80	54,50
	101,00	100,00	100,00

VARIEDADES.—1.ª *Lignito pisciforme.* Esta variedad de lignito se parece bastante á ciertas especies de ulla, siendo difícil en muchos casos poder separar unos de otros ejemplares; tiene color negro ó pardo oscuro, estructura compacta y mas homogénea que la de la ulla; su peso específico está representado próximamente por 1,2, teniendo la particularidad de exfoliarse en contacto prolongado del aire; los lignitos de esta variedad ofrecen con frecuencia el tejido leñoso que indica su orígen, ó bien se ponen al descubierto mediante la combustion; sometidos á la accion del fuego no se funden, si bien algunos se reblandecen lo bastante para que sus fragmentos se unan ó se suelden entre sí; por frotacion desarrollan olor desagradable, y tienen menos agua que la variedad denominada *madera fósil.*

2.ª *Lignito compacto ó azabache*, sustancia de un negro intenso y brillante, fractura concoidea, dura y susceptible de adquirir un buen pulimento; en varios ejemplares se presenta el tejido leñoso bastante visible, hasta el punto de poder apreciar las capas concéntricas que corresponden á las de la madera. Los azabaches arden con llama bastante viva y dejan poca cantidad de cenizas.

3.ª *Lignito comun ó madera fósil*, ofrece un color pardo oscuro ó pardo claro, siendo su estructura esencialmente fibrosa é idéntica á la que presentan los vegetales; por lo comun es mate, de fractura desigual, tiene analogía con la turba y contiene gran cantidad de agua higrométrica.

4.ª *Lignito bituminoso*, presenta tambien una estructura fibrosa, pero en los demás caractéres exteriores se parece mas á las sustancias bituminosas que á los carbones; su color es el pardo oscuro ó pardo claro.

5.ª *Lignito terroso*, se halla en masas terrosas mates, quebradizas, de color negro ó pardo de clavo. Varios de estos lignitos suelen contener piritas de hierro; expuestos á la accion del aire se eflorescen, se inflaman y dan orígen á sulfatos de hierro y de alumina, los cuales pueden obtenerse por lexivacion. A esta variedad corresponde la tierra de sombra ó de Colonia, sustancia terrosa compuesta de grano fino y suave al tacto, arde ó se inflama con facilidad, exhalando un olor desagradable; ciertos ejemplares suelen contener restos de plantas.

Algunos mineralogistas incluyen en el lignito á la sustancia denominada Dusodila por Cordier, ó sea *lignito hojoso* y *marga papirácea* de otros autores; este mineral ofrece estructura hojosa compuesta de láminas delgadas y flexibles, color gris amarillento ó gris verdoso; arde con facilidad y exhala un olor fétido que recuerda el del asafétida; esta variedad que se ha encontrado en Mellili (Sicilia) y en algunos otros sitios, tales como en Saint-Amand (Auvernia) y en las cercanías de Narbona, recibe el nombre que lleva por su olor desagradable (*dusodis*, fetidez). La dusodila, segun la opinion de eminentes mineralogistas, no es mas que un combustible pizarroso formado de restos de plantas resinosas, unidas á infinidad de caparazones ó dermo-esqueletos silíceos de animales infusorios.

YACIMIENTO.—Los lignitos pertenecen á los terrenos secundarios y terciarios, presentándose desde luego en el piso del *lias*; pero en realidad solo se hallan constituyendo grandes masas susceptibles de ser explotadas en el segundo de los terrenos mencionados; en algunos puntos los lignitos están relacionados con ciertas rocas volcánicas. Los criaderos mas importantes de este combustible se encuentran en Suiza, Tirol, Hungría, Génova, Irlanda, etc. Son notables los depósitos de lignito que existen en varios puntos; en Soissonnais, por ejemplo, se halla en las pizarras y arenas del terreno terciario inferior; en el Mediodía de la Francia se encuentran lignitos en el terreno mioceno; los departamentos franceses en que se explotan lignitos son: Bocas del Ródano, Bajo Rhin, Vosgos, Aisne, Gard y Herault.

En España abunda extraordinariamente el lignito, teniendo desde luego mayor importancia que la ulla, supuesto que se presenta en grandes masas en casi todas las provincias de la Península. Son notables bajo este punto de vista las siguientes localidades: Utrillas, Riodeva, Torrelapaja y Mequinenza (Aragon), Alcoy (Alicante), Benifasar, Molinell y Espadilla (Castellon), siendo notable el último punto, porque los lignitos contienen ejemplares de succino; Mora de Rubielos (Teruel), criadero importante por los vegetales fósiles que existen en una capa de marga, relacionada con el lignito, y que contiene multitud de fósiles pertenecientes á los géneros *planorbis, cyclas* y otros gasterópodos; San Mateo de Bages y Fals, partido de Manresa, y Moyá, Santa Coloma de Saserra, del de Vich, correspondientes á la provincia de Barcelona, así como tambien en Igualada, Isona, Calaf, Almatret y Granja de Escarpe (Lérida). Se encuentra tambien este combustible en los terrenos cretáceos de Pobla de Lillet, San Julian de Serdañola, Malañeu, Figols y otros pueblos del partido de Berga (Barcelona), Seo de Urgel y Puigcerdá (Gerona), Santa Coloma de Queralt (Tarragona), Juarros y Valdivielso (Burgos), Reinosa y otros puntos de la provincia de Santander, Villaviciosa (Asturias), Casarejos (Lorca), en varios sitios de Extremadura baja y Sierra Morena, Rey y Ugijar (Granada), Arboleas y Vera (Almería), Segura (Albacete), Minglanilla (Cuenca), Prejano (Logroño), Hernani (Guipúzcoa), etc., etc. La Dusodila abunda sobremanera en el criadero de azufre de Hellin.

USOS.—Se emplean, del mismo modo que las ullas, como combustible; sin embargo, no suelen utilizarse para obtener altas temperaturas á causa de las muchas sustancias volátiles que desprenden, siendo, por el contrario, muy á propósito para producir un fuego de fuerza media; la variedad, que hemos denominado *piciforme*, tiene usos idénticos á los de la ulla; el azabache ó lignito compacto se usa para la fabricacion de objetos de adorno, como collares, pendientes, botones, sortijas, etc., destinadas á piedras de luto; los lignitos que contienen piritas se benefician para la obtencion de los sulfatos de hierro y de alumina; por último, la variedad terrosa ó tierra de Colonia se utiliza en la pintura y preparacion de colores.

TURBA—COMPOSICION VARIABLE

CARACTERES.—La turba es el combustible mas moderno, y el que presenta mas analogías con las plantas que viven en la actualidad. Esta sustancia tiene color pardo ó negruzco, estructura compacta, pizarrosa, térrea, esponjosa ó porosa, muy ligera, presentando muchas veces restos de vegetales como raíces, hojas, etc., no siendo, en último término, mas que una aglomeracion de estos restos mas ó menos profundamente alterados. Arde ó se inflama fácilmente con llama ó sin ella, produce un humo parecido al de la yerba seca, exhalando al propio tiempo un olor picante y desagradable. Por destilacion da, entre otras sustancias, el ácido piroleñoso y deja por residuo una materia carbonosa, negra y mate parecida al cok, cuya materia tiene aplicacion como combustible, tanto en la economía doméstica como en la industria.

La composicion de la turba es variable, como lo prueban los análisis siguientes:

	LOCALIDADES			
	Demerary	Chateau Laudon	Clermont	Reims
Carbono.. .	23,50	26,00	30,10	34,90
Cenizas. . .	17,30	15,00	17,40	6,80
Materias volátiles.. .	59,20	59,00	52,50	58,50
	100,00	100,00	100,00	100,20

VARIEDADES.—1.ª Compacta, de color pardo, aspecto homogéneo y fractura térrea con lustre resinoso; 2.ª fibrosa, parecida al fieltro y constituida de fibras y otros restos de vegetales. Algunos mineralogistas admiten como variedades principales las siguientes: 1.ª turbas compactas, terrosas ó legamosas, que no viene á ser mas que una especie de mantillo solidificado mediante la presion, el entretejido de los restos de plantas y la mezcla de sustancias terrosas; 2.ª turbas bastas, fibrosas ó musgosas, variedades en que abundan extraordinariamente los restos de vegetales. Además, se designa con el nombre de turbas de pantanos aquellas que no contienen mas que despojos de plantas terrestres, mientras que se llaman turbas marinas, las que solo llevan restos de vegetales marinos, especialmente fucus, estando formados en varios casos de estas plantas sin que contengan ninguna otra sustancia. Las plantas que originan la turba, luego que pierden por completo su organizacion á causa de la permanencia mas ó menos larga en los sitios pantanosos, se trasforman en gran parte en materias especiales que reciben el nombre de ulmina y ácido úlmico, que constituye uno de los elementos importantes de la turba.

YACIMIENTO.—Se encuentra la turba muy abundante en el terreno cuaternario y moderno; se halla en todos los países pantanosos en que existen ó han existido aguas de escasa corriente; en este caso se presentan inmediatamente debajo del subsuelo ó tierra vegetal cubierta por una capa de arena ó de limo. La turba constituye grandes depósitos ó capas separadas por diversos materiales de acarreo, siendo muy frecuentes en todas las partes bajas de nuestro continente; tal es lo que se observa en Holanda, Hannover, Westfalia, Dinamarca, Suecia, Irlanda, Baviera, etc. Se encuentra tambien, aunque formando pequeños depósitos, en algunos altos valles y gargantas de ciertas montañas. Las masas de este combustible ofrecen, por lo general, bastante espesor, estando la generalidad debajo de las aguas, y muy pocas en los sitios secos. Cuando las turberas no se observan á primera vista, porque están ocultas por una vegetacion mas ó menos exuberante, se reconocen desde luego por la elasticidad que presenta el terreno que parece que tiembla debajo de los piés, por su blandura y porque es muy difícil andar sobre él sin sumergirse.

Muchas especies de plantas contribuyen á la formacion de las turberas, siendo desde luego las mas principales varias de las que pertenecen á las secciones de las algas, musgos, ciperáceas y betuláceas. Por lo comun, se hallan en las turbas sustancias de naturaleza muy distinta; así, por ejemplo, suelen contener fosfato de hierro y piritas, aunque Alejandro Brongniart cree que las turbas llamadas piritosas no son sino variedades de lignito. Llevan tambien las turbas gran cantidad de restos de conchas de agua dulce, cuyos animales se han descompuesto á la vez que las plantas, debiéndose á ellos el olor fétido que exhalan aquellas por la combustion; finalmente, suelen contener despojos de mamíferos que pertenecen á séres que viven en la actualidad, troncos ó fragmentos de árboles y diversos objetos, armas, cerámica, etc.

Además de las localidades indicadas, hay turberas en las mesetas muy elevadas de los Vosgos y de los Alpes, en la desembocadura de los rios Somma, Mosa, Rhin, etc. En Francia se encuentran turberas en todo el valle del Somma, desde San Quintin hasta Abbeville. En España tenemos turba en bastante abundancia en el litoral de Almenara, Murviedro y otros sitios de la costa de Valencia, cercanías de Gijon, Bilayo y en varias localidades de la Sierra de Bodenaya y Llano de Muron (Asturias); existe tambien en los Alfaques del Ebro, en diversos puntos de Galicia, Santander, Madrid, Toledo, Guadalajara, etc.

Orígen de la turba.—Se ignora en realidad la verdadera causa que contribuye esencialmente á la formacion de este combustible, así como tampoco se ha podido explicar hasta ahora, porqué existe en ciertas marismas y en otras no, siendo así que en unas y otras hay plantas sometidas, en apariencia al menos, á las mismas condiciones. Es un hecho, sin embargo, que en los paises intertropicales no hay indicios de turba, lo que prueba que una temperatura muy elevada no es á propósito para la formacion de este combustible. Para que se produzcan las turberas se necesita desde luego una humedad constante, aguas de poco fondo, que éstas se renueven con cierta lentitud y que no se agoten durante el verano, influyendo tambien la naturaleza de las plantas que viven en estas aguas.

Usos.—Se emplea esta sustancia en tres estados distintos: 1.° en su estado natural; 2.° en estado compacto ó sea en masas que han experimentado una disminucion de volúmen bastante considerable, á causa de haberlas sometido á una fuerte presion; 3.° en estado de carbon. Se utiliza la turba como combustible, especialmente en aquellos países que carecen de árboles; las cenizas que resultan de su combustion se emplean en agricultura para abonar las tierras silíceas y calizas, habiéndose observado que sirven esencialmente como fertilizante de ciertos terrenos.

Resumiendo todo lo relativo á las sustancias combustibles, diremos que los llamados carbones se presentan siempre en grandes masas (excepto el grafito) de sumo interés para la economía doméstica, metalúrgica y demás ramas de la industria. Su estudio corresponde esencialmente á la Geología y á la Química, mas bien que á la Mineralogía, puesto que, como tan oportunamente manifiesta Delafosse, solo una costumbre antigua y cierta tolerancia hacen que se describan como especies mineralógicas. Estos cuerpos realmente carecen de los verdaderos atributos ó caractéres esenciales de la especie, como una composicion definida y forma ó estructura cristalina. Todos tienen orígen orgánico, procediendo como varias veces se ha indicado, de plantas que han experimentado modificaciones tanto mas profundas, cuanto mas antiguas son. Así, si se comparan sus cualidades químicas con las de la madera, se verá que puede establecerse una serie gradual y sucesiva desde ésta á la turba, de la turba al lignito, del lignito á la ulla y de ésta á la antracita. Con efecto, si se estudian los lignitos y las turbas que corresponden al terreno cuaternario y aun á los terciarios, se verá que presentan una verdadera estructura orgánica, siendo tan completa en algunos casos, que no queda duda de ningun género respecto á su orígen; pero si, por el contrario, se estudian las antracitas y aun las ullas, se notará en general que no son mas que masas negras, brillantes, de estructura compacta ó pizarrosa, y que producen un polvo negro ó mas ó menos pardusco: por otra parte, estos dos últimos combustibles son muy escasos en los terrenos secundarios, encontrándose con preferencia en los primarios ó paleozóicos, y sobre todo en el que hemos denominado carbonífero. Esta diversidad de caractéres físicos y de yacimiento, pudiera hacer sospechar que los lignitos y las turbas distan mucho de la ulla y de la antracita; pero el orígen vegetal de unas y otras queda fuera de duda tan luego como se examina con detenimiento la ulla y aun la misma antracita; con efecto, ciertos ejemplares del primero de estos combustibles ofrecen, observados con el microscopio, restos de organizacion vegetal, así como tambien se encuentran frecuentemente en las capas de areniscas y pizarras que acompañan á las ullas, y en las hojas de las mismas pizarras que están mezcladas con el carbon de piedra, impresiones de plantas tan manifiestas y completas, que los botánicos actuales han podido clasificarlas con facilidad suma, colocándolas, por lo tanto, en su grupo correspondiente, y estableciendo de esta manera la relacion que hay entre la flora actual y las primitivas.

APÉNDICE Á LOS COMBUSTIBLES

SALES ORGÁNICAS

Las sustancias comprendidas en este apéndice están formadas de un ácido vegetal combinado con un óxido ó una base metálica. Las especies mas importantes de este grupo son las siguientes: 1.ª melita; 2.ª conistonita, y 3.ª oxalita, á las cuales puede agregarse el guano, sustancia de orígen animal.

MELITA—melitato ó melato de alumina hidratado —Fórmula química M^2O^3, C^4O^3

Caractéres.—La melita (de *mellis*, miel) ofrece las propiedades siguientes: cristaliza en forma de octaedros que derivan del segundo sistema cristalino; color amarillo de miel ó amarillo pardusco, lustre casi resinoso y fractura concoidea; trasluciente, raya al yeso y se deja rayar por la caliza, estando representado su peso específico por 1,5. Por medio de la llama de una bujía se blanquea; expuesta á un fuego prolongado tiene la particularidad de reducirse á polvo, sin desprender humos ni olor alguno; soluble en el ácido nítrico, y si se trata esta disolucion por el amoniaco, se precipita la alumina.

Composicion en peso	
Acido melítico. . .	41,4
Alumina.	14,5
Agua	44,1
	100,0

Yacimiento.—La melita hasta ahora solo se ha encontrado en una arcilla negra de Moravia, y en un lignito en Billin (Bohemia) y Artern (Turingia). En las localidades citadas existen octaedros sencillos ó modificados, ofreciendo truncaduras en los ángulos, pasando de esta manera á un dodecaedro romboidal simétrico; estos cristales se hallan unas veces aislados y otras, por el contrario, agrupados y de algun tamaño.

CONISTONITA—oxalato de cal hidratado

Caractéres.—La conistonita, así llamada por haberse hallado en Coniston (Cumberland, Inglaterra), cristaliza

en prisma romboidal recto de 67° perteneciente al tercer sistema cristalino; color blanco, lustre vítreo, muy frágil y blando, siendo su peso específico de 1,8. Mediante la accion del fuego desprende cierta cantidad de agua y se convierte, ganando oxígeno, en carbonato de cal; en este caso se disuelve con efervescencia en el ácido nítrico, dando la disolucion un precipitado blanco por ácido oxálico ú oxalato amónico.

COMPOSICION EN PESO

Acido oxálico.	28,017
Oxido de calcio. . . .	21,055
Agua.	49,155
Magnesia y sosa. . . .	0,822
	99,049

YACIMIENTO.—La conistonita existe como se ha dicho en las cercanías de Coniston en Cumberland (Inglaterra).

OXALITA Ó HUMBOLDTITA—OXALATO DE HIERRO HIDRATADO—Fórmula química Fe^2O^3,C^2O^3

CARACTÉRES.—La oxalita ó Humboldtita (dedicada al célebre baron de Humboldt) se presenta en masas pequeñas terrosas, de color amarillo de ocre ó amarillo de paja; algunas veces se halla en cristales capilares; muy blanda, teniendo un peso específico representado por 1,3 á 1,4. Mediante la accion del soplete ó de una temperatura elevada, desprende un olor análogo al de leña quemada, trasformándose al propio tiempo en un residuo magnético (óxido de hierro).

COMPOSICION EN PESO

Acido oxálico.	42,69
Oxido ferroso.	41,40
Agua.	15,90
	99,99

YACIMIENTO. — Esta sustancia fué descubierta por don Mariano Rivero que la dió el nombre de Humboldtita, denominacion que no ha sido aceptada, porque con este nombre se designaba ya al silico-borato de cal; se halla además esta sustancia en diversas localidades, especialmente en Biblin (Bohemia), y Gross-Almerode (Hess).

GUANO—COMPOSICION Y FÓRMULA INDETERMINADA

CARACTÉRES.—Sustancia sólida, constituyendo masas considerables de color amarillo y de un olor fuerte amoniacal. Se ennegrece por la accion del calor ó del fuego con desprendimiento de olor amoniacal; se disuelve mediante la elevacion de temperatura en el ácido nítrico; si se evapora esta disolucion, el residuo que resulta, desecado con precaucion, adquiere un color rojo, propiedad ó carácter que indica desde luego la presencia de un ácido especial, el úrico.

El guano, segun los análisis practicados por diferentes químicos, consta de los cuerpos y proporciones siguientes:

Oxalato de amoniaco.	10,00
Oxalato de cal.	7,00
Urato de amoniaco.	9,00
Fosfato amónico.	6,00
Idem manganésico-amónico. . . .	2,60
Sulfato de potasa.	5,50
Idem de sosa.	3,90
Cloruro amónico.	4,50
Fosfato de cal.	14,30
Arcilla y arena.	4,70
Materias orgánicas solubles. . . .	12,00
Idem insolubles.	20,50
	100,00

ORÍGEN Y YACIMIENTO.—El guano es un producto orgánico que se halla en masas considerables procedentes de la aglomeracion de excrementos, restos de huesos, etc., de diversas aves acuáticas. Se encuentra esta sustancia, en las islas Chinchas, Ilo, Iza, etc. (Perú), en capas de 15 á 20 metros de espesor; existen tambien algunos criaderos en las costas de Chile, Africa y otros puntos.

USOS.—El guano es uno de los abonos mas apreciados de los agricultores americanos y europeos; sus cualidades fertilizantes son debidas esencialmente á las sustancias amoniacales que contiene, supuesto que, como puede observarse en la composicion, consta de cloruros, oxalatos, uratos y fosfatos de amoniaco.

En España se hace un gran consumo de esta sustancia, sobre todo de la importada del Perú, sacando el gobierno de esta república hispano-americana pingües beneficios de la explotacion del guano de las islas Chinchas, que, como es sabido, tiene monopolizado.

FIN DE LA MINERALOGÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNO
DIRECCIÓN GENERAL

GEOLOGIA

INTRODUCCION

La Geología es la ciencia de la tierra, como su misma etimología lo da á entender, siquiera con alguna restriccion, pues las raíces *ge*, tierra, y *logos*, discurso, parece que quieren dar á entender que ha de tratarse de la tierra bajo todos sus variados aspectos; mientras que en rigor, la mision de dicha ciencia se reduce á estudiar y conocer el estado actual de la superficie, los agentes que sobre la costra sólida actúan para que este dato pueda servirnos de norma segura, cuando tratemos de averiguar los diferentes cambios que el globo ha experimentado en su composicion mineral y orgánica, y en la estructura de esa misma costra, y demás accidentes pasados y actuales, objeto principal de la ciencia.

Para probar que el globo no ha estado siempre tal cual le vemos hoy, han de aducirse en el curso de la obra tantas y tan poderosas razones, que llevaremos el convencimiento hasta el ánimo de las personas menos dispuestas á ello; pues bien, la ciencia geológica tiene por fin principal averiguar todos los cambios que ha experimentado nuestro planeta, desde su orígen hasta la época actual; y por esto se la llama tambien Historia de la tierra, que no otra cosa es el conocimiento de todas las vicisitudes por que pasan los séres.

Estudiaremos, pues, la tierra, tal como debe haber sido en el primer período de su existencia, cuando en sentir de los hombres mas competentes, ofrecia el aspecto de un globo de fuego y luz parecido ó análogo al que hoy presenta el centro solar; veremos despues de qué manera y por qué admirables procedimientos se ha ido formando, por enfriamiento y oxidacion, lo que llamamos costra sólida, análogamente, en mi concepto, á la que se está hoy formando al rededor del sol, siendo las manchas que tanto preocupan á los astrónomos, una manifestacion clara y evidente; formada ya la corteza, trataremos de estudiar y conocer los singulares efectos de la reaccion del interior ígneo de nuestro globo contra el exterior mas ó menos consolidado, que es lo que en términos científicos se llama Volcanismo, en virtud del cual aparecen hoy y surgieron en otros tiempos del interior de la tierra, gran número de materiales que constituyen el eje de las principales cordilleras, que sometidos mas tarde á la accion de otros agentes, dieron y aun hoy siguen dando despojos con los que se forman en el seno de las aguas depósitos muy importantes que por su disposicion y estructura contrastan con aquellos mismos de que proceden.

Como la misteriosa aparicion de la vida en nuestro planeta coincidió precisamente con la instalacion de las aguas á la superficie, y el comienzo de lo que llamaremos terrenos de sedimento ó estratificados, tambien daremos una idea de este notable acontecimiento; siquiera otra ciencia hermana de la Geología, esto es, la Paleontología, se encargue de una manera mas concreta de todo lo referente al orígen, desarrollo y estado actual de los séres orgánicos, vegetales y animales. Sin embargo, no puede prescindirse en un tratado de Geología, de reseñar el diferente aspecto que en las diversas épocas han ofrecido las Faunas y Floras que poblaban la superficie terrestre, por cuanto estos cambios se relacionan estrechamente con los que experimentaba á la par la materia mineral, cuya composicion, estructura y manera de presentarse, son tambien, como es natural, del dominio de tan importante ciencia.

Dada ya una idea de los puntos capitales que abraza la Geología, segun el órden de su natural desenvolvimiento, al proceder al desarrollo de cada uno de ellos, con el fin de alcanzar su cabal inteligencia, tropezamos con una dificultad gravísima en cuanto á su exposicion; que consiste en que no habiendo presenciado el hombre, por mucha que sea la antigüedad que se le conceda, con arreglo á los últimos descubrimientos, sino las últimas operaciones terrestres, difícilmente podremos formarnos idea de lo anterior, faltos de una pauta ó norma que nos sirva de guia. Afortunadamente, la consideracion de que siendo la materia terrestre siempre la misma, é idénticas las causas á que se halla sometida, ha servido de base para el método expositivo de la ciencia que desde hace cuarenta años se ha adoptado por los hombres mas competentes, los cuales han creido que siendo el estado actual de la tierra el fiel trasunto de lo que ha sido en otros tiempos, habia que empezar su estudio por lo que pasa hoy á nuestra vista, y es objeto de sérias disquisiciones; deduciendo de este exámen lo que ha debido ser el globo en otras épocas, sometido á la influencia de causas idénticas ó análogas. De aquí el tener que principiar el tratado de la Geología por una primera parte, que se reduce al estudio de la tierra tal cual hoy la vemos; y el de las causas ó agentes que sobre la superficie ó su interior actúan. Adquirido ya este conocimiento, surge inmediatamente la necesidad de averiguar primero la composicion mineral por ser la mas sencilla, y la orgánica despues; y como quiera que estos minerales, léjos de hallarse esparcidos al acaso, obedecen á determinados principios ó leyes en sus diferentes combinaciones, para la constitucion de la costra sólida, resultan, lógicamente discurriendo, otros dos capítulos ó partes muy importantes de la ciencia; que serán la 2.ª y 3.ª

Por último, del conocimiento del estado actual de la superficie y de los agentes que la modifican sin cesar, de la composicion mineral y orgánica de la parte de costra sólida que está á nuestro alcance y de las leyes que han presidido su admirable colocacion, fácilmente podemos elevarnos hasta el concepto del orígen de nuestro planeta y de las diferentes vicisitudes y cambios que ha experimentado durante su larga y peregrina historia.

Cuatro son, pues, las partes en que debe dividirse este tratado, en virtud de las consideraciones que preceden, y son:

1.ª Geografía, que dividiremos en estática y dinámica.

2.ª Geognosia, ó estudio de la composicion del globo.

3.ª Geonomía, investigacion de las leyes que han regido los diferentes cambios que dichos materiales han experimentado.

Y 4.ª Geogenia ó geogonía, orígen de la tierra.

Fijando por un momento la atencion en la índole especial de cada una de estas cuatro partes, fácilmente se echa de ver que las dos primeras revisten el carácter analítico; al paso que las dos últimas son, por decirlo así, sintéticas; es decir, aquellas partiendo de la unidad llamada tierra, la dividen y subdividen hasta llegar á su último elemento constitutivo, ora pertenezca á la superficie, ó al interior de la costra sólida, bien sea como accidentes geográficos y causas que los determinan, ó como elementos integrales de su composicion material. Por el contrario, las dos últimas, partiendo de lo que podremos llamar unidad elemental terrestre, roca y fósil, tienden en reunirlas en grupos cada vez mayores, llegando á otras unidades de órden superior llamadas formaciones y terrenos, cuyas diferentes combinaciones y relacion armónica nos conducen, como por la mano, á considerar la totalidad del globo, estudiando el diferente aspecto que este ofrecia en cada una de las épocas de su interesante historia. Fundados en estos datos y consideraciones, exponemos en el adjunto cuadro los variados aspectos bajo los cuales puede hoy estudiarse la ciencia geológica para que pueda formarse de ella una idea clara y metódica, dados los admirables progresos por la ciencia realizados en lo que va de siglo.



Figura en el cuadro anterior la importantísima consideracion de los puntos de vista admitidos por el insigne físico Ampere, en su clasificacion general de las ciencias, por la claridad suma que imprime á toda exposicion científica, ora se haga uso en la cátedra ó en el libro; cualidad excelente del método por aquel propuesto, sea cualquiera el concepto que acerca de esta clasificacion se forme por los críticos, á la cual debo lo poco que sé de Geología y de otros ramos análogos que he cultivado. Tan persuadido estoy de la bondad del sistema, que no solo lo he adoptado en la cátedra y en los diferentes libros que sobre Geología he escrito, sino que me sirve de norma en la redaccion de la Paleontología y Antropología que en estos momentos estoy escribiendo.

Llama Ampere autóptico, palabra derivada de *autos*, el objeto mismo, y *optogai*, yo veo, aquella parte de la ciencia que trata de la tierra considerada en su totalidad, y en los accidentes de su superficie; y la designa así, por ser el asunto de que trata el primero que salta á la vista, como sucede en la inspeccion de cualquier objeto, en el cual, la forma, el volúmen, los variados accidentes de la superficie es lo primero que nos es dado observar; de consiguiente, por aquí es por donde debemos empezar si queremos proceder de lo simple á lo compuesto y de lo conocido á lo desconocido, no solo en el estudio de cualquier objeto, sino tambien en la exposicion de la ciencia que á él pueda referirse. Ahora bien, haciendo aplicacion de estas ideas á la Geología, corresponde al punto de vista autóptico lo que llamamos Geografía, que luego dividimos en estática, dinámica, astronómica, orográfica é hidrográfica, segun sean los diferentes conceptos en que estudiamos la totalidad ó la superficie del globo.

Criptorístico, de *criptos*, oculto, y *orístico*, de *orizo*, yo examino, es el segundo punto de vista de Ampere, cuyo objeto, deducido de su propia etimología, consiste en estudiar lo oculto, es decir, aquello cuyo conocimiento exige algo mas que la simple inspeccion de los accidentes de la superficie del globo. Por eso corresponde este punto de vista á la Mineralogía y Paleontología, es decir, á los dos ramos del saber que tratan de los séres inorgánicos y orgánicos, y de ahí el nombre de Geognosia, derivado de *gnosco*, *is*, conocer, con que se designa esta segunda parte de la ciencia, ya que, segun el comun asentimiento de los geólogos, aplícase dicha palabra al conocimiento de la composicion mineral y orgánica de la tierra.

Califica Ampere de troponómico al tercer punto de vista, porque conocida ya (refiriéndonos á la Geología) la composicion mineral y orgánica de la tierra, surge naturalmente en el ánimo el deseo de averiguar si dichos materiales componentes del globo están distribuidos al acaso, ó si obedecen á determinados principios; lo cual ya implícitamente supone que el globo no ha ofrecido siempre el mismo estado que hoy presenta, sino que ha experimentado diferentes variaciones, que son las que nos proponemos estudiar en esta tercera parte del libro, que llamamos Geotroponomía: de *ge*, tierra; *tropos*, cambio, y *nomos*, ley, resumiendo en dos palabras todos los cambios que ha experimentado el globo en el tiempo terrenos, en el espacio formaciones. A fin de facilitar el lenguaje, puede llamarse Geonomía esta parte de la ciencia.

Por último, punto de vista criptológico llama Ampere al cuarto de su clasificacion, porque se trata, no ya de examinar lo oculto como en la Geognosia, sino de discurrir sobre los datos ya adquiridos, acerca del orígen de la tierra, y de las vicisitudes por que ha pasado desde tan remotísima fecha hasta nuestros dias, lo cual constituye su verdadera historia.

Dedúcese de la simple exposicion que acaba de hacerse, cuán natural á la par que lógico y sencillo aparece, segun este modo, el desenvolvimiento de una ciencia tan complicada y extensa como la Geología; en el cual, no dándose un paso en el estudio sin hallarse en posesion de los datos anteriores, no solo se camina sobre seguro, sino que llega á adquirirse una claridad tal, que sin grande esfuerzo la Geología, así presentada, pueden comprenderla hasta las perso-

nas menos versadas en esta clase de estudios; atreviéndome á decir que puede compararse el método aquí propuesto á una vasta pirámide que, descansando en amplísima base, cual es el minucioso exámen de todo cuanto pasa hoy á nuestra vista, va elevándose gradual é insensiblemente y concretándose tambien mas y mas el asunto, completando con las nociones que se adquieren en cada una de las partes de la ciencia, lo de las precedentes que antes sirvieran de base, hasta que de la Geografía física pasando á la Geognosia, y de esta á la Geonomía, se llega á la cima ó cúspide, donde, como coronamiento digno del edificio científico, colocamos la Geogenia, ó sea lo mas oculto sobre lo que puede discurrirse, refiriéndonos á la tierra.

Todo lo que precede, refiérese como es natural á la ciencia considerada bajo el punto de vista especulativo ó puramente teórico, en cuyo concepto la Geología, vistas sus relaciones con los demás ramos del saber, y dada su índole especial, puede decirse que ocupa el lugar mas culminante entre las ciencias cosmológicas, sin desconocer por esto que la Astronomía, como ciencia del Universo, considere á nuestro planeta como comprendido dentro de su dominio. Pero dada la tendencia de los tiempos que corren, hay que considerar á la Geología como ciencia de grandísima significacion, bajo el punto de vista de sus aplicaciones, lo cual aumenta extraordinariamente su importancia, mereciendo excitar el gusto de su estudio y perfecto conocimiento, así del agricultor como del industrial, del médico como del jurisconsulto, y del militar é historiador; á todos los cuales puede suministrar la ciencia preciosos é interesantes datos para reconocer y mejorar la tierra ó suelo vegetal; descubrir y explotar sustancias útiles; conocer y utilizar en pro de la humanidad sana ó enferma todas aquellas sustancias terrestres que pueden influir en la salud de los pueblos, y el hidrotermatismo como poderoso recurso terapéutico; para apreciar detenidamente el carácter moral de las naciones, estrechamente relacionado con la naturaleza y accidentes de los terrenos; para dirigir oportunamente el arte de la estrategia, y para establecer, por último, sobre sólidas bases el comienzo de la historia humana.

Hasta puede servir la historia de nuestro planeta para confirmar con razones científicas la fe, que, como buenos creyentes, tenemos (los que tal fortuna alcanzamos) en la verdad de la revelacion Mosáica, así en lo referente á las armonías que en nuestro concepto existen y trataremos oportunamente de probar entre el Génesis y la ciencia, como en lo tocante al orígen y remota antigüedad de nuestra especie.

Por donde se ve la trascendencia suma de la ciencia geológica, considerada bajo sus dos aspectos, especulativo y de aplicacion, y cuán punible es la indiferencia con que entre nosotros se mira esta clase de conocimientos que, proporcionando solaz á la par que utilidad, recrean el ánimo y proporcionan abundantes veneros de riqueza. Hay que persuadirse, y á la consecucion de este objeto hemos de contribuir con todas nuestras fuerzas, siquiera exiguas, que si el país quiere conquistar de nuevo el lugar preeminente entre todas las naciones de Europa, que en otros tiempos alcanzara por la fuerza de las armas y la habilidad de sus grandes diplomáticos y capitanes, forzoso es que se dedique la juventud al cultivo de las ciencias en general, y especialmente al de las Naturales, y entre estas á la Química, á la Física y á la Geología, cuya posesion, menos costosa que la de la política y la guerra, ha de proporcionarle el bienestar, hijo de las mejoras materiales y morales que el cultivo de estos ramos del saber proporciona.

Consideraremos, pues, á la Geología bajo sus dos aspectos, teórico y práctico; dando, como es consiguiente, mayor importancia al primero, por la índole propia de la obra, aunque procurando amenizar esta parte especulativa de la ciencia, con la indicacion, ora de sucesos mas ó menos extraordinarios, pero relacionados con lo que pudiéramos llamar vida de la tierra, aunque en sentido metafórico, ora respecto de la utilidad que puede obtenerse de la piedra, del metal, del fósil ó del terreno, á medida que los vayamos describiendo; con el plausible propósito de realizar, como decia el poeta, lo útil con lo agradable, quitando algo del tono de severidad que tiene la ciencia y que contribuye á que muchos abandonen su estudio, por considerarle insuperable y fastidioso.

Antes, sin embargo, de entrar en materia, será conveniente que en breves frases manifestemos el íntimo enlace y estrechas relaciones que unen á la Geología con los principales ramos del saber, con el doble objeto de hacer resaltar mas la importancia de aquella y probar la necesidad de ciertos estudios prévios para poder emprender con provecho su cultivo.

La primera ciencia con la que la Geología conserva estrechas relaciones que pudieran llamarse de parentesco, es la Astronomía, á la que la Geología pide datos acerca de la procedencia, orígen, forma y accidentes del globo que habitamos en su calidad de cuerpo planetario. Los movimientos de rotacion y traslacion que aquella determina con exactitud matemática, la influencia que sobre su superficie y fondo ejerce el satélite Luna, y el centro solar, con la determinacion de las estaciones, mareas, etc., y la influencia que todo esto ejerce en el curso regular de las estaciones que tan directamente influye en la distribucion de los séres orgánicos en el globo, en las diversas manifestaciones volcánicas, etc., todo esto lo debe la Geología á la Astronomía; siquiera para alcanzar la significacion de este enlace no se necesiten, segun el giro que nosotros daremos á la cuestion, profundos y detenidos conocimientos astronómicos. Pero la Geología paga á la Astronomía estos servicios, devolviéndole á cambio el conocimiento de la composicion y estructura del globo, de cuyos antecedentes deduce el astrónomo, eficazmente auxiliado del admirable análisis espectral, la uniformidad de composicion de todos los cuerpos planetarios.

A la Química debe hoy la Geología, quizás, la base mas sólida de sus ulteriores progresos, determinando con admirable precision la naturaleza de los minerales y rocas que constituyen la tierra, y las singulares metamorfósis que muchos de sus materiales han experimentado con el trascurso de los siglos; é ilustrando con la experimentacion en el laboratorio de una manera concluyente, cuanto al génesis de los materiales terrestres, y de nuestro propio globo, y á las evoluciones que secularmente ha experimentado, se refiere. Hasta tal punto es esto verdad, que bien puede asegurarse que sin el eficaz auxilio del análisis y de la inspeccion microscópica, seria harto difícil dar un paso seguro en el terreno geológico, sobre todo en lo que se refiere á la determinacion y clasificacion de las rocas. Pero á su vez, la Geología suministra á la Química datos de mayor importancia acerca de los cuerpos naturales que estudia así en la corteza del globo, como muy particularmente en las aguas minerales; pudiendo decir que la mayor parte de los elementos que, sea como tales ó en sus variadas y múltiples combinaciones, aquella examina, proceden á veces en cantidades considerables, del interior del globo.

Las relaciones de la Geología con la Física y la Meteorología son tan estrechas y variadas, que casi seria excusado enumerarlas; bastando decir, por ejemplo, que aquella, considerada bajo el punto de vista de la armonia que existe entre los reinos orgánicos y las condiciones biológicas á que

debieron adaptarse, constituye una verdadera Meteorología retrospectiva interesantísima, que puede servir de verdadero complemento al estudio de la actual, ilustrando de una manera muy eficaz la historia de todas las vicisitudes por que ha pasado el globo. Por otra parte, son por demás notables los auxilios que la Física presta á la Geología, con sus teorías del calor, de la electricidad, de la luz, sobre todo desde que reinan en el dominio de la ciencia las doctrinas hoy corrientes de la unidad y correlacion de las fuerzas y de la trasformacion de unas en otras, principios fecundísimos en resultados, y de los que la Geología se sirve como esclarecimiento de sus mas importantes problemas, así como la reciente aplicacion del microscopio á la determinacion característica y ordenacion metódica de los materiales terrestres que oportunamente daremos á conocer.

De los servicios recíprocamente prestados por la Geología, la Botánica y la Zoología, fácilmente puede deducirse el estrecho enlace que une á estos diferentes ramos del saber; con efecto, proponiéndose aquella dar una idea lo mas completa posible del orígen y ulteriores desenvolvimientos de los reinos orgánicos, bien puede asegurarse que en este concepto es el mas sólido fundamento de las otras dos, las cuales, si pretenden explicar cumplidamente el reino vegetal y animal, necesitan indispensablemente empezar por la Paleontología; pues solo de esta manera podrán comprender en su totalidad los reinos orgánicos. Pero por esta misma razon, y dado que el organismo así vegetal como animal ha sido creado bajo un plan, siempre el mismo, para poder cultivar con provecho la Geología, es de todo punto necesario que preceda á su estudio un conocimiento cabal de la Botánica y la Zoología, y muy especialmente de la Anatomía comparada.

Con la Mineralogía la enlazan vínculos tales, que casi puede decirse, se confunde con la Geología en un mismo concepto, siendo aquella el estudio analítico, y esta el sintético del reino mineral. De la costra sólida del globo tratan ambas; con la sola diferencia de que la Mineralogía da á conocer, por decirlo así, las letras; y la Geología las sílabas y palabras con que la naturaleza ha escrito la historia de nuestro globo; de donde resulta que sin buenos conocimientos del alfabeto mineralógico, será difícil, por no decir imposible, que podamos leer y formar idea cabal de la combinacion de signos, mas complicados aun que los jeroglíficos egipcios, que permanecen grabados en los estratos terrestres, como expresion fiel de los notables acontecimientos que caracterizan tan peregrina historia. A su vez la Geología, dando á conocer con exactitud el yacimiento de los diferentes minerales, las mezclas ó combinaciones, y la asociacion con otros, constituyendo las diferentes rocas que estudia el geólogo, hasta tal punto dilata los horizontes del mineralogista, y completa el concepto que debe formarse del reino mineral, que sin dichos conocimientos queda reducida su mision á la de un empírico conocedor de mayor ó menor número de especies minerales. Es menester de consiguiente persuadirse, que sin el poderoso auxilio de la Geología, el naturalista dedicado al reino mineral no puede elevarse á una síntesis filosófica del mismo, ni comprender la significacion que estos elementos alcanzan en la composicion del globo, dejando aparte que limitándose al estudio individual de las especies, no será fácil se dé razon de su orígen mas ó menos misterioso, ni de las asociaciones y relaciones que las unen entre sí; estudio que á lo ameno, reune la circunstancia de ser muy importante en sus aplicaciones, excitando vivamente la atencion del diligente escrutador de las cosas naturales.

Otra consideracion estrecha mas, si se quiere, las relaciones entre la Mineralogía y la Geología, cual es la de valerse ambas, ó por mejor decir, el que las cultiva, del mismo método y de idénticos procedimientos para llegar á poseerlas: método que consiste en la observacion minuciosa en la naturaleza misma de los minerales, rocas, fósiles, terrenos, etc., á cuyo propósito deben citarse las admirables frases con que el célebre Valerio terminaba sus lecciones y su obra de Mineralogía: *Ite, filii*, decia, *emite calceos; montes accedite; valles, solitudines, litora maris, terræ profundos sinus inquirite; mineralium ordines, proprietates nascendi modos notate: ita enim ad corporum proprietatumque cognitionem pervenietis; alias non.* Que vertido algo libremente al castellano quiere decir: «Hijos mios, calzad el coturno mineralógico; subid á los montes; investigad ó explorad los valles, los desiertos, el litoral del mar, y los senos profundos de la tierra; anotad los grupos minerales, sus propiedades y diverso orígen; pues solo de este modo, y no de otro, alcanzareis el conocimiento de los cuerpos y de todo lo que á ellos se refiere.» La experimentacion completa en el laboratorio y gabinete de los conocimientos que nos ha suministrado la observacion directa, reproduciendo en pequeña escala las grandes operaciones de la naturaleza, llegando de este modo al cabal conocimiento del orígen de las sustancias terrestres, y de todo aquello que mas directamente pueda interesarnos; á cuyo fin concurren de una manera sobre toda ponderacion admirable, el microscopio y la análisis química, hasta el punto de servir estos dos poderosos medios de investigacion, de base sólida y filosófica de las modernas clasificaciones de minerales y rocas.

Para que el conocimiento de las relaciones de la Geología con las demás ciencias naturales sea completo, pudiendo en su virtud comprender la altísima significacion de este moderno ramo del saber, conviene hacer notar que los dos problemas mas importantes que hoy preocupan á los sabios, esto es, el del orígen y desarrollo de la vida, y el de la fijeza ó variabilidad sin límites del tipo específico, solo pueden encontrar plausible solucion, si de ello son susceptibles, recurriendo al inagotable tesoro de la ciencia geológica considerada en su mas lata acepcion, como historia completa del reino mineral y orgánico terrestre.

La no menos trascendental cuestion del orígen, antigüedad y vicisitudes por que ha pasado nuestra especie, tampoco puede tratarse ni llegar á verdadero esclarecimiento sino basándola en buenos y sólidos estudios geológicos; y es que principiando la historia humana donde la terrestre concluye, confúndense ambas en el mismo punto, conservándose los mas antiguos vestigios del hombre en estado fósil entre los últimos materiales depositados en el globo; de donde naturalmente se deduce que las primeras páginas de nuestra historia, no hay que buscarlas en los archivos, ni en las inscripciones jeroglíficas y cuneiformes del Egipto, ó de la Asiria; sino mas bien en la formación diluvial del terreno cuaternario, ó quizás en las de sedimento plioceno ó mioceno, donde además de los restos fósiles de nuestra especie, consérvanse los claros vestigios de su incipiente civilizacion, asociado todo á plantas y animales tambien fósiles, y cuya presencia claramente indica las condiciones biológicas que ofrecia el globo á la sazon. De todo lo cual se desprende el íntimo enlace que tiene la Geología con la Historia, de la que con razon puede decirse, es aquella su mas sólido cimiento; habiendo nacido de esta feliz aplicacion de la Geología, un nuevo ramo del saber, que ocupa hoy á muy privilegiadas inteligencias, y que por referirse al estudio y esclarecimiento de los tiempos anteriores á lo que propiamente se ha llamado historia, ha recibido el nombre de Prehistoria.

Lo dicho basta, en mi humilde opinion, para comprender que la Geología constituye una rama científica que, siquiera haya tardado mucho á entrar en el concierto de las demás ciencias y á conquistar el puesto que entre ellas le corresponde, es uno de esos ramos que por su propia índole interesa ó debe interesar á toda clase de gentes, cualquiera que sea su mision en la sociedad; debiendo poseer su conocimiento, siquiera dentro de límites muy variados, tanto el que se dedica á puras especulaciones científicas, cuanto aquel que quiere apoyarse en ella para una de sus múltiples aplicaciones; debiendo en rigor formar parte de la general cultura de todo pueblo que aspire al honroso título de civilizado.

Despues de estas consideraciones generales, creo ya llegado el momento de entrar en materia; no sin trazar antes en breves palabras la sucinta reseña de la Historia de nuestro planeta, para que de este modo se comprenda de una sola ojeada y como complemento de lo que precede, la trascendencia suma de lo que nos proponemos desarrollar en la presente obra.

La Tierra y demás cuerpos planetarios, segun las doctrinas hoy mas en boga, han pasado sucesivamente por los estados de extraordinaria difusion de la materia universal, aglomeracion en forma de nebulosas ó inmensas vias lácteas, condensacion alrededor de determinados puntos del espacio, que sirvieron como de núcleo, separacion de segmentos de la atmósfera de estos primeros centros, y formacion de otros cuerpos estelares de diferente órden. De manera que la materia ha pasado por los estados siguientes: 1.° de gran difusion; 2.° nebulosa; 3.° centros ó soles; 4.° planetas; 5.° satélites; quizás los aerolitos y los cometas deban constituir en este proceso universal de la materia dos nuevas categorías que completan la serie. El estudio actual de la Astronomía llevado á un punto maravilloso de alcance y exactitud, merced á los poderosos medios de observacion de que hoy dispone, y á los progresos por la ciencia del cálculo realizados, confirma del modo mas satisfactorio esta historia genética universal, admirablemente expuesta á últimos del pasado siglo por el eminente Laplace, en cuyos detalles y pormenores no nos es dado entrar, por no permitirlo la índole de la obra.

Dejando, pues, por sentada y admitida la teoría de tan insigne astrónomo, en lo que se refiere al órden con que han ido formándose los cuerpos todos del Universo, y concretándonos á nuestro objeto principal, que es la Tierra, importa consignar la creencia hoy general de un estado igneo originario, del que en el cuerpo del libro se darán repetidas pruebas, como consecuencia legítima de la elevadísima temperatura, determinada por la enorme presion que debieron ejercer los materiales que la constituyen, al acumularse alrededor de su núcleo como parece que hoy se está realizando en Saturno, cuya distancia entre el anillo y el núcleo central, va estrechándose de esa manera lenta y secular como por lo comun se realizan las grandes operaciones de la naturaleza.

Contribuirian sin duda tambien á determinar este estado originario del globo, las incalculables corrientes eléctricas que en su seno debieron desarrollarse, y el sinnúmero de combinaciones y reacciones químicas, que en tan vastísimo laboratorio químico, y en presencia unos de otros, todos los elementos conocidos y los que tal vez no han llegado aun á poderse distinguir, se verificaban. Puesto ya el globo en este estado y sometido á las leyes generales de la materia, girando sobre si mismo y alrededor del sol, describiendo su propia órbita, por una parte se enfrió y por otra fué adquiriendo de un modo lento y paulatino la forma de esferoide achatado en los polos, y abultado en el Ecuador, que ofrece hoy; forma que segun lo que acaba de indicarse, no debió ser la primitiva; en la última parte de la obra se confirmará mas esta opinion que aquí no hacemos mas que apuntar, y se procurará tambien referir los ingeniosos aparatos inventados para demostrarlo.

El enfriamiento y la oxidacion en escala proporcionada á las bajas temperaturas de los espacios celestes por donde circula la tierra, y las condiciones especiales en que á la sazon se encontraba la superficie, determinaron el principio de una operacion que todavía continúa, á saber: la formacion de una costra sólida que, oponiéndose á la salida y expansion de los materiales encerrados en su masa, motivaron lo que segun la feliz frase de Humboldt se llama volcanismo, uno de cuyos resultados mas importantes fué y es la aparicion de materiales del interior, constituyendo el eje de las principales cordilleras; y las conmociones, rápidas y pasajeras unas veces, lentas y seculares otras, originando los terremotos y oscilaciones de los continentes, expresion fiel de una de las mayores actividades de nuestro planeta.

Empezó, pues, á formarse la costra sólida, que sirve de asiento á la vida vegetal, animal y humana, que hermosea hoy como en otros tiempos la superficie, siquiera por las circunstancias especiales en que se encontraba el globo, bien puede asegurarse no haber sido la vida coetánea de su orígen; pues además faltaba á la sazon un elemento de todo punto indispensable para el desarrollo de aquella; es decir, el agua, que por efecto de la temperatura reinante no se concibe pudiera ocupar la superficie, cual la vemos en la actualidad, sino mas bien las altas regiones atmosféricas. Sin embargo, el análisis é inspeccion micrográfica de los materiales de la primera consolidacion y enfriamiento, parecen demostrar de una manera bastante concluyente, que este agente hubo de intervenir en su formacion, siquiera sea bastante difícil de comprender el estado en que se hallaba y podia actuar. Al describir el orígen de ciertas rocas, entraremos en mayores detalles acerca de este punto, que mas tarde, ó sea en la Geogenia, ampliaremos oportunamente.

Es bastante probable que el agua, al precipitarse desde las regiones atmosféricas en que se encontraba sobre la superficie aun candente, contribuyera á poner en funcion las acciones y reacciones químicas que en ella se verificaban, contribuyendo tambien al enfriamiento terrestre, y al consiguiente engrosamiento de la costra sólida; participando aquella á su vez del carácter mineral y termal que le comunicaba la zona de reaccion química terrestre, lo cual habia de determinar mas tarde la formacion de los primeros filones metalíferos, segun en lugar oportuno demostraremos.

Trascurridos quizás algunos miles ó millones de siglos, cuando ya la superficie ofrecia variados accidentes, de elevacion unos, de depresion otros, por efecto de la salida de materiales del interior y de las conmociones ocasionadas por el plutonismo, y descendido bastante la temperatura terrestre, pudieron ya las aguas permanecer en la superficie, ocupando como era natural las grandes depresiones que desde aquel momento representan los mares, á la sazon inmensamente mayores, alterada la uniformidad de la superficie líquida por un sinnúmero de islas é islotes, que debian formar numerosos archipiélagos.

Con el establecimiento de las aguas á la superficie, coinciden una multitud de acontecimientos importantísimos, que completan la historia de tan remotas edades. La misteriosa aparicion de la vida, la inmediata formacion de la lluvia por el procedimiento que mas adelante explicaremos, la circulacion del agua líquida á la superficie, la descomposicion y acarreo de los materiales emergidos; y por último, el depósito químico ó mecánico de sus detritus en el fondo de los mares,

en forma de bancos ó capas, tales son los hechos que coinciden y puede decirse que arrancan del establecimiento del agua á la superficie del globo.

La sedimentacion en el fondo del mar, aumentando el espesor de la costra sólida de arriba abajo, aunque antagonista en su proceso, puede decirse que completa la accion del volcanismo que procediendo de abajo arriba, arroja materiales en cantidad fabulosa al exterior, contribuyendo á su vez á la consolidacion de la costra del globo. Y como quiera que ocupando los mares tan vastas superficies, forzosamente habia de atravesar la materia ígnea los depósitos llamados de sedimento, de aquí el que los bancos ó capas antes en el fondo del mar horizontalmente dispuestos, sufrieran dislocaciones mas ó menos profundas, que se traducen por el levantamiento é inclinacion que ofrecen, que á veces llega hasta la vertical, y por los cambios notables en la composicion, estructura y aspecto de sus materias componentes; fenómenos á los que llamaremos en lugar oportuno Metamorfismo, al cual, segun veremos, léjos de ser extraña, contribuye el agua de una manera muy eficaz. Todos estos trastornos que lenta ó bruscamente ocurrian á la superficie, efecto natural de la actividad interna y externa del globo, habian de determinar, como era consiguiente, cambios mas ó menos profundos en las condiciones biológicas del globo; cuyos efectos directa é inmediatamente dejaban sentirse en los séres orgánicos, que iban renovándose á tenor de las nuevas condiciones, pereciendo unos y apareciendo otros en su lugar para no verse ya mas la superficie privada de lo que tanto contribuia á hermosearla. Ahora bien, estos representantes de la vida, envueltos entre los materiales terrestres de sedimento, han subsistido, ora ellos mismos, ó sus huellas y despojos, formando parte de dichos terrenos estratificados, pero no ya tal como vivian, sino mas bien trasformados en materia mineral, siquiera conservando toda su facies orgánica, convirtiéndose en verdaderas medallas de la creacion, que con el nombre de fósiles, explican clara y de un modo admirable la historia de nuestro planeta.

A los organismos esencialmente marinos, que caracterizan la vida primera del globo, se suceden los terrestres; y cuando en épocas posteriores se formaron lagos ó grandes depósitos de agua dulce en los continentes, completóse el cuadro orgánico con las plantas y animales lacustres, y los de aguas salobres en las embocaduras de los grandes rios y en los almajares y pantanos. Continúan entre tanto, por una parte la sedimentacion en el seno de las aguas marinas y lacustres, y por otra todas las manifestaciones volcánicas, cuya salida de materias al exterior, suele poner fin á la sedimentacion donde antes tranquilamente se efectuaba, marcando de esta manera el límite no siempre fácil de precisar de un espacio mas ó menos considerable de tiempo, que se ha convenido en llamar época de la historia terrestre, por los cambios profundos que todas estas operaciones imprimian á la materia, así mineral como orgánica.

De este modo sucediéronse todas las operaciones terrestres; en perpetua lucha los elementos internos encerrados en los abismos por la costra sólida, y al exterior la atmósfera, el agua, primero en vapor, mas tarde en estado líquido, y en tiempos relativamente modernos en forma de hielo y nieve, hasta que llegando, por decirlo así, á la plenitud de los tiempos, aparece el hombre como digno coronamiento de la creacion, en medio de circunstancias adaptables á su organismo, y rodeado de una fauna y flora, que salvas muy cortas excepciones, es la misma que aun hoy hermosea la superficie del globo.

Tal es la somera reseña de las vicisitudes por que ha pasado la tierra, desde su orígen hasta nuestros dias; siendo la consecuencia lógica de lo expuesto que léjos de haber permanecido siempre en el mismo estado, trabajada por poderosísimos agentes, ha sufrido en su larga y peregrina historia una serie inmensa de cambios y modificaciones, que han determinado lo actual, por donde debe empezarse su estudio, si se quiere formar cabal concepto de lo que antes fué, fundándonos para establecer esta conclusion en la identidad así de la materia que desde su orígen la compone, como de los agentes que incesantemente determinan su proteismo.

UNIVERSIDAD AUTÓNO
DIRECCIÓN GENERAL

GEOLOGIA ESPECULATIVA

PRIMERA PARTE — GEOGRAFÍA

La palabra Geografía, derivada de las dos raíces griegas, *ge*, tierra, y *grafos*, descripcion, si se toma en su mas lato sentido, significa casi lo mismo que la Geologia; pero obligados á marcar límites entre los diferentes ramos del saber referentes á nuestro planeta, pues de lo contrario resultaria el caos científico, diremos que es de su exclusivo dominio el estudio de la forma y peso específico de la tierra, datos relacionados ó deducidos de su totalidad, y los variados accidentes que la parte exterior de la costra sólida ofrece con los séres orgánicos que la pueblan.

Para comprender la ciencia tal como hasta el presente se ha considerado en lo que pudiera llamarse su periodo analítico ó de simple observacion, basta con lo dicho; pero si se quiere completar su concepto y darle el sello filosófico y sintético que se merece, se hace de todo punto indispensable explicar los accidentes que la caracterizan, relacionando los hechos con las causas que los determinan y no mirar tan solo su estado actual, sino remontarse á lo que en otros tiempos fué. Este método, sobre ser mucho mas científico que el seguido hasta aquí, tiene la inmensa ventaja de fijar mejor en la mente la verdadera nocion de los múltiples fenómenos geográficos estrictamente relacionados con los agentes que los determinan, conocimiento exigido hoy por la ineludible ley del progreso.

Por otra parte, no limitando el conocimiento á lo actual, sino examinando tambien los acontecimientos anteriores, se relaciona el principio con el fin, trazando de paso é insensiblemente la historia terrestre y dando por fin á este estudio un atractivo de que antes carecia.

Fundados en estas consideraciones, dividimos la Geografía en dos grandes capítulos, á saber: 1.° Geografía estática y 2.° Geografía dinámica: alguna aclaracion merecen estos dos adjetivos, que aplicados á esta ciencia creo ser el primero en usar.—Aplico la denominacion de *estática* á la Geografía analítica que solo estudia los hechos, y llamo *dinámica* á la que trata de las causas ó agentes que los determinaron y que siguen actuando á la superficie y en el interior del globo.

La estática puede decirse que representa la única Geografía que hasta el presente se ha estudiado y se conoce, constituyendo un largo y enojoso catálogo de nombres, que privados de su natural y mutuo enlace por no relacionarlos con sus verdaderos agentes productores, fatigan la memoria sin hacer entrar en funcion los demás elementos constitutivos del entendimiento, lo cual retrae á muchos de su cultivo.

Conviene, pues, completar la nocion del hecho con el conocimiento de la causa que natural y legítimamente lo determina, y de aquí la necesidad de la Geografía dinámica como su mas genuino complemento. Formando grupos ó asociaciones, por analogías, de los accidentes geográficos, y relacionándolos con sus propias causas, fácil cosa ha de ser alcanzar la significacion que tiene la serie de acontecimientos terrestres que precedió y determinó el estado actual, como parte orgánica de la historia de nuestro globo.

He creido deber insistir en la conveniencia y hasta si se quiere necesidad de esta division de la Geografía en estática y dinámica, 1.° para facilitar la inteligencia del asunto, y excitar en la juventud el interés que siempre despierta el conocimiento de nuestra propia habitacion, no limitándonos á considerarla como hoy es, sino como ha sido, y como será; y 2.° para que se comprenda el íntimo enlace que existe entre la Geología y la Geografía; comparable hasta cierto punto con el que une á la madre cariñosa con la hija agradecida; lo cual fácilmente se alcanza fijando un poco la atencion en que mientras la Geografía tal como se ha considerado hasta ahora trata de hechos sueltos ó mutuamente relacionados, la Geología los esclarece dando natural y sencilla explicacion, no solo de los hechos, sino del porqué, refiriéndolos á causas que forman parte de su complicada historia, y sin cuyo proceso no habria en el globo ese proteismo que constantemente agita la superficie y el interior, ni tendrian aquellos la importancia que realmente debe concedérseles.

De esta manera considerada, la Geografía forma parte del organismo geológico; de donde fácil es deducir la absoluta necesidad que tenemos, si se quiere cultivar con verdadero provecho, de los conocimientos de aquella; ya que de la composicion mineral, de la estructura y demás circunstancias de los terrenos dependen la mayor parte, por no decir todos, los accidentes de la superficie del globo. Y como confirmacion cabal de este mismo enlace, debe declararse muy alto que sin buenos Mapas geográficos no es posible dar un paso seguro en las exploraciones geológicas.

Ahora, respecto á las denominaciones estática y dinámica con que designo los dos aspectos bajo los cuales puede considerarse la ciencia: el primero corresponde á lo que hasta ahora se ha llamado Geografía propiamente dicha; y creo no ser del todo inexacta la palabra, por cuanto se refiere á todo aquello que vemos hoy constituido en la superficie del globo. En cuanto á la palabra dinámica aplicada á la segunda parte de la Geografía, se refiere á los cambios incesantes que experimenta dicha superficie, bajo la incesante accion de numerosas y variadas causas. Por último, el tratar antes de la estática que de la dinámica, se funda en la necesidad de proceder de lo conocido á lo desconocido, elevándose de los efectos al exámen é investigacion de las causas que los producen; sirviendo el conocimiento de aquellos, y de estas, no solo de complemento científico de la Geografía, sino tambien de natural introduccion al estudio de la Geologia, cuyos admirables progresos en los cincuenta últimos años realizados, débense muy principalmente al método que se llama de las causas actuales, cuyos mas pertinaces y entusiastas propagadores han sido el eminente Lyell en Inglaterra y Prevost en Francia, método que consiste en el estudio de lo que hoy pasa á nuestra vista en el globo, ó en otros términos, de la Geografía estática y dinámica, para deducir despues los diferentes estados por que ha pasado nuestro planeta, objeto principal de la Geologia.

CAPÍTULO PRIMERO

GEOGRAFÍA ESTÁTICA

Segun se desprende de lo que acabamos de indicar, damos el nombre de Geografía estática á la parte de la ciencia que estudia el estado actual del globo, así en lo que se refiere á la forma y densidad, al lugar y rango que ocupa en nuestro sistema, considerado como cuerpo planetario, á las divisiones que generalmente se admiten en la superficie, y demás particularidades que son de la incumbencia especial del astrónomo, siquiera el geólogo no pueda prescindir en absoluto de su conocimiento, como á todos los accidentes que ofrece la superficie; de donde la necesidad de una subdivision de la Geografía estática en astronómica y física. Se dirá tal vez, que la astronomía debiéramos tambien incluirla en la dinámica, por cuanto la forma de que aquella trata, no habiendo sido siempre igual á la que hoy ofrece el globo, debiéramos estudiarla en todas las modificaciones que sucesivamente ha experimentado, desde la esférica que hubo de presentar en su orígen, hasta la que ofrece hoy: pero como bajo este punto de vista, fuera de lo actual, todo es hipotético, ora se refiera á la morfología terrestre, ó bien á su densidad, preferimos dar en breves palabras una idea exacta de ambas cosas, con tanto mas motivo, cuanto que sin negar la importancia de estos estudios, no tienen para el geólogo sino un interés muy secundario.

ARTICULO I

GEOGRAFÍA ASTRONÓMICA

La Geografía astronómica es aquella parte de la ciencia que trata de la tierra considerada como cuerpo planetario; estudio importantísimo á la par que vasto, pero que atendida la índole de la obra, lo concretaremos á dar una idea de la forma, densidad, dimensiones y divisiones principales admitidas en el globo.

Forma de la tierra. — La tierra es un planeta de forma esferoidal, achatado en los polos, abultado en el ecuador, que gira sobre su eje en 24 horas y al rededor del Sol en 365 dias, 5 horas, 48′ 51″ 6‴.

Sin entrar en explicaciones acerca de los medios de que hoy se vale la ciencia para apreciar el aplastamiento de la tierra, bien sea por la medicion de los arcos terrestres, ó por el péndulo, podemos decir que la diferencia entre el radio polar y el ecuatorial, tomando la media de las diferentes operaciones pranticadas, es de 31,318 metros, 2; es decir, para su mejor inteligencia, que en una esfera de 6 decimetros de diámetro, equivaldria el aplastamiento á 1 milímetro; ó en un globo de 1,000 metros de diámetro ecuatorial, el eje polar seria de 998^{m} 33 centímetros.

La forma de la tierra, es el mejor comprobante de su orígen flúido ó pastoso por lo menos, pues para que las fuerzas centrífuga y centripeta diesen como resultado de su accion el esferoide achatado, era condicion precisa que sus moléculas pudieran moverse libremente. Ahora bien, este estado solo podia determinarlo el agua, disolviendo á una elevada temperatura, fundiendo los materiales terrestres; y como quiera que la desproporcion entre la parte sólida y la líquida del globo imposibilita la idea de una disolucion primitiva, hay que apelar al elemento ígneo para darse razon cumplida de este hecho notable. Debemos, no obstante, declarar que la tendencia de la Geología moderna es á dar participacion en este estado originario de la Tierra no solo al fuego, sino tambien al agua, obrando de consuno con la presion y el flúido magnético.

Uno de los resultados mas importantes de la medicion de los arcos de meridiano, es demostrar la irregularidad de la superficie terrestre; pues dado el aplastamiento de los polos, si la tierra fuera un sólido regular de revolucion, todos los grados de longitud serian iguales en la misma latitud; y como quiera que esto no sucede, y como por otra parte ni los arcos que marcan los grados de los paralelos son iguales, ni estos son círculos perfectos, la consecuencia natural es la que va indicada, esto es, que la superficie terrestre es irregular y ondulada. Para apreciar las diferentes dimensiones de la tierra, véanse los siguientes datos tomados del Anuario del Observatorio de Madrid, y con los cuales puede tambien reconstruirse la forma del globo, y comprenderse mejor las condiciones que preceden.

	? (1799)	Walbeck (1819)	Schmidt (1829)	Bessel (1841)	Airy (1849)	James (1863)
R.	6.375,739	6.376.895	6.376,959	6.377,397	6.377,480	6.378,230
r..	6.356,650	6.355,832	6.355,522	6.356,079	6.356,175	6.356,562
D.	19,089	21,063	21,437	21,318	21,305	21,668
A.	1/334,00	1/302,78	1/297,48	1/299,15	1/299,33	1/294,36
c^2.	0.005,997	0.006,595	0.006,712	0.006,674	0.006,671	0.006,783
C.	10,014,988	10.016,803	10.016,904	10 017,592	10.017,722	10.018,900
c..	10.000,000	10.000,268	10.000,074	10.000,856	10,000,996	10.001,889
G.	111.277,6	111,297,8	111.298,9	111.306,6	111.308,0	111.321,1
g..	111,111,1	111.114,1	111.119,9	111.120,6	111,122,2	111.132,1
g′.	1851,85	1.851,90	1.851,87	1.852,01	1.852,04	1.852,20
g″.	30,86	30,87	30,86	30,87	30,87	30,87

Como esclarecimiento de estos números y de los datos terrestres á que se refieren, debemos decir que las letras R y r, designan los radios ecuatorial y polar; D su diferencia; A el achatamiento del globo, ó la diferencia de los dos radios, referida al mayor; c^2, el cuadrado de la excentricidad de una elipse meridiana cualquiera, ó sea la diferencia de los cuadrados de los dos radios principales, referida al del radio ecuatorial; C y c los valores de los cuadrados ecuatorial y meridiano; G el valor, en metros, como todos los precedentes, que no expresan relaciones abstractas, de un grado del ecuador; y g, g′ y g″ los de un grado, un minuto y un segundo de arco medio de meridiano.

Completarán estas nociones los datos siguientes: la extension de la superficie del globo, apreciada en kilómetros cuadrados, es de 500 millones; y el volúmen 1.083,000 millones de kilómetros cúbicos.

El diámetro mas corto del esferoide terrestre se denomina eje de revolucion ó polar; y cualquiera de los comprendidos

en la seccion perpendicular dada por el centro del globo, será un diámetro ó eje ecuatorial.

Las extremidades del eje de revolucion se llaman polos, Norte, boreal ó ártico el uno, Sur, austral ó antártico el otro.

Ecuador es un círculo máximo, perpendicular al eje de la Tierra, y equidistante de los polos, el cual divide al globo en dos partes ó hemisferios N. y S.

Círculos paralelos son todos aquellos que se suponen equidistantes al ecuador, y sirven para determinar las latitudes geográficas.

Eclíptica es un círculo máximo que corta oblicuamente al ecuador, con el cual forma un ángulo de 23° 28′, y designa el camino que describe la Tierra en su revolucion ánua al rededor del Sol. El nombre que lleva, significa que los eclipses de Luna solo se verifican cuando aquel satélite pasa por dicha curva.

Trópicos.—Llámanse trópicos dos círculos paralelos al ecuador, del cual distan 23° 28′, próximamente; hácia el Norte el llamado de Cáncer, hácia al Sur el de Capricornio.

Círculos polares.—Son dos círculos menores paralelos tambien al ecuador, y que distan de los respectivos polos 23° 28′, próximamente.

Meridiano.—Llámase meridiano de un punto cualquiera del globo, un semicírculo que pasa por el mismo, y termina en los polos. Se le da este nombre, porque cuando el Sol se halla sobre él, es medio dia para todos los lugares de la Tierra que están comprendidos dentro del mismo semicírculo.

Horizonte sensible.—Así se denomina un círculo que limita nuestra vista al extenderla por lo dilatado del mar, ó de un campo espacioso.

Latitud de un lugar de la superficie del globo, es la distancia que lo separa del ecuador, tomada sobre un círculo que corta á aquel en ángulo recto, y es lo que llamamos meridiano. Divídese en septentrional ó Norte, y meridional ó Sur, segun el hemisferio en que se considera.

Longitud es el arco del ecuador comprendido entre el meridiano de un lugar cualquiera y el de otro que se toma como punto de partida. Divídese en oriental y occidental, segun se considera hácia el Este ú Oeste, comprendiendo cada uno 180°. Aunque empezó á fijarse el meridiano de la Isla de Hierro como punto de partida de todas las longitudes, se abandonó esta idea, admitiendo cada nacion el del observatorio astronómico principal en ella establecido. En España rige el de Madrid, y tambien á veces el de Cádiz ó San Fernando. A invitacion del Sr. Coello la Sociedad Geográfica adoptó el de la Isla de Hierro como primer meridiano.

La densidad media de la tierra, ó cantidad de materia comprendida en la unidad de volúmen, suponiendo confundidos en uno solo homogéneo la multitud de cuerpos distintos de que el globo se compone, apreciada con el péndulo y la balanza de torsion, y confirmada por el resultado de operaciones geodésicas, es como 5 veces y media mayor que la del agua destilada á la temperatura de 4° sobre cero: y como el peso específico medio de las rocas conocidas que constituyen la costra sólida es de 2,5 á 2,7, resulta que el de aquella equivale al doble del de estas; lo cual confirma plenamente la idea de Laplace de que el globo se halla formado de capas mas y mas densas á partir de la superficie, colocadas alrededor de un núcleo que representa el máximum de densidad. Los autores no están acordes respecto á si este aumento sigue una progresion creciente hasta el mismo centro de la tierra, ó si solo se verifica hasta cierta profundidad, donde el peso se uniforma; pero sea de esto lo que se quiera, pues siempre será difícil por no decir imposible el confirmarlo por la observacion directa, es lo cierto que este dato corrobora lo que, fundados en la forma, dijimos del orígen pastoso de la tierra; pues difícilmente hubieran podido colocarse los materiales terrestres en este admirable órden de sus respectivas densidades, á no hallarse originariamente en un estado que les permitiera obedecer á su propio peso.

Revolucion de la Tierra.—Además de girar sobre sí misma en el breve término de un dia, la Tierra describe alrededor del Sol una órbita inmensa y ligeramente ovalada ó elíptica, en 365 dias, 6 horas, 9 minutos, 10 segundos solares medios, ó en un año sidéreo.

Las distancias máxima, mínima y media de la Tierra al Sol, expresadas en miriámetros, son las siguientes:

Distancia máxima, principio de julio.	15.096,000
Distancia mínima, principio de enero.	14.598,000
Distancia media, abril y octubre . .	14.847,000

En los radios terrestres ecuatoriales, la distancia media asciende, algun centenar mas ó menos, á 23,300.

La luz del Sol tarda en recorrer esta distancia, ó en llegar hasta la Tierra 8 minutos 18 segundos. El descubrimiento que mas llama la atencion de los hombres de ciencia y cuyo alcance es difícil determinar, es el debido al inglés Crooker, que consiste en un aparato llamado Radiómetro.

Las velocidades de traslacion ó espacios recorridos en un dia, correspondientes á las distancias máxima, mínima y media, son los siguientes, expresados en kilómetros:

A la distancia máxima. . . .	2.512,000
A la distancia mínima. . . .	2.597,000
A la distancia media. . . .	2.554,000

En un segundo de tiempo la Tierra recorre, por término medio, cerca de 30 kilómetros. Una bala de cañon recorreria á lo sumo 600 metros, y una locomotora impulsada á todo vapor 20 solamente. En el propio tiempo de un segundo la luz recorre 308,000 kilómetros, ó 300,000 cuando menos, ateniéndose á las evaluaciones mas moderadas de esta cantidad.

La excentricidad de la órbita, ó la diferencia de las dos distancias ó radios vectores extremos, referida al radio mayor como unidad, es igual á 0,01679, ó á $^1/_{60}$ de aquel radio, y disminuye 000,004 en cada siglo.

El eje mayor de la órbita ó línea de los ápsides (perihelio y afelio), no permanece fijo en el espacio, sino que gira tambien con movimiento lentísimo, á razon de 11″ por año, y en el mismo sentido que la Tierra, ó directo, como la totalidad casi de los globos planetarios.

La interseccion de la órbita terrestre y del ecuador, ó la línea de los equinoccios tampoco permanece invariable, sino que gira con mayor rapidez que la de los ápsides y en sentido inverso ó retrógrado, á razon de 50″ por año. Ambas líneas deben, pues, coincidir cada 5,339 años. En el 1250 de nuestra era formaban un ángulo de 90°, y la Tierra pasaba por el perihelio al comenzar el invierno. Actualmente el ángulo menor comprendido por aquellas dos líneas es de 79° 40′, ó de 100° 20′ el mayor, que se denomina longitud del perihelio.

El ángulo de 27° 27′, que el plano de la órbita terrestre forma con el ecuador, ambos indefinidamente prolongados, ó la oblicuidad de la eclíptica, tampoco permanece constante siempre; pues, aunque muy pequeñas todas, experimenta dos clases de variaciones: unas periódicas, que se compensan al cabo de cierto tiempo, como un año, una lunacion ó un ciclo de 18 $^2/_3$ años; y otras seculares, ó de período mucho mas largo, que reducen ó disminuyen actualmente el valor de la oblicuidad, á razon de unos 48″ por siglo.

Por efecto de la oblicuidad de la eclíptica y de la forma globular de la Tierra, el Sol se manifiesta á medio dia mas ó menos elevado sobre el horizonte, segun la época del año, y mas ó menos tambien en la propia época, segun la latitud del lugar desde donde se contempla; derivándose de aquí estas dos especies de fenómenos: la desigualdad de los dias y de las noches en el curso del año, y la diversidad de estaciones y de zonas ó climas astronómicos.

Zonas terrestres.—Las principales zonas en que la Tierra se divide son estas: La tórrida, que se extiende á un lado y otro del ecuador, entre los trópicos ó paralelos de 23° 27′ de latitud Norte y Sur. En estos límites el dia mas corto consta de $10^h\ 27^m$; oscilando la altura meridiana del Sol entre 90° y 43° 5′.

Las dos zonas templadas, una en cada hemisferio, comprendidas entre el paralelo de 23°27′ y el 66°33′, llamado círculo polar. En este último paralelo permanece el Sol sobre el horizonte 24 horas en el solsticio de verano, y otras tantas debajo, prescindiendo de la refraccion de la luz al comenzar el invierno; elevándose á medio dia sobre el horizonte 46°54′ en el primer caso, y apuntando únicamente por el Sur en el segundo.

Y las glaciales, que comprenden las dos casquetes alrededor de los polos, á contar del último paralelo citado.

La extension de las zonas depende de la oblicuidad de la eclíptica, ó del ángulo que el ecuador forma con el plano de aquel nombre; y, como este ángulo varía, aunque poquísimo, en el curso de los siglos, claro es que los valores relativos de las otras cantidades dependientes variarán tambien poco á poco. En el estado actual de las cosas, si se representa el área total de la Tierra por el número 100,

La zona tórrida comprenderá. . .	40 partes.
Las zonas templadas.	52 »
Y las glaciales.	8 »

ARTÍCULO II

GEOGRAFÍA FÍSICA

Por Geografía física se entiende aquella parte de la Geografía general que trata especialmente de dar á conocer todos los accidentes que actualmente ofrece la superficie del globo, sin relacionarlos con las causas que los determinaron, pues esto es de la incumbencia de la Geografía dinámica.

Vista la Tierra desde cierta altura, ó contemplada mas bien en un globo de relieve, fácilmente se echa de ver la division en tierras ó continentes y mares; conteniendo aquellos en su seno varias depresiones ocupadas por las aguas, que se llaman lagos; así como en los mares ciertas porciones de tierra que sobresalen del nivel de las aguas, y que reciben el nombre de islas. De aqui, la natural division de la Geografía física, en dos partes; la 1.ª que trata de todo lo relativo á las tierras, y se llama Geografía orográfica, ó simplemente Orografía; y la 2.ª hidrográfica ó hidrografía; pero antes de examinar cada una de estas dos divisiones, conviene que digamos algo acerca de la proporcion respectiva de cada uno de estos dos elementos terrestres, y de la relacion que entre uno y otro existe, por ser esta consideracion comun á la Orografía é Hidrografía.

La superficie de la Tierra se divide en dos partes muy distintas: una ocupada por las aguas de los mares, y otra por los continentes ó suelo firme. Entre la extension de ambas partes media la relacion aproximada de 3 á 1.

Los mares y continentes no se hallan distribuidos con uniformidad por todo el globo terráqueo, valuándose por zonas y hemisferios la proporcion entre unos y otros de este modo.

HEMISFERIO NORTE

	Tierras	Aguas	Tierras	Aguas
Zona glacial. . . .	200	600		
Zona templada. . .	566	440	387	613
Zona tórrida. . . .	200	800		

HEMISFERIO SUR

	Tierras	Aguas	Tierras	Aguas
Zona tórrida. . . .	310	690		
Zona templada. . .	75	925	128	872
Zona glacial. . . .	0?	1000?		

La desproporcion entre los continentes y los mares es tal, que en la superficie del Pacífico podrian desahogadamente colocarse en mil combinaciones distintas, todas las tierras actualmente existentes. Y si esto ocurre hoy, cuando los continentes han alcanzado su máximo desarrollo, fácilmente se comprenderá que en épocas anteriores ha podido con mayor motivo verificarse; resultando de ello cambios mas ó menos profundos en la índole especial y distribucion de los climas, cuya influencia es bien notoria en la vida asi terrestre como marítima; siendo esta una de las causas mas poderosas en la facies que ofrecen la fauna y la flora que hermosearon la superficie terrestre en los distintos períodos geológicos.

Tratándose de continentes y contenidos, sirviendo aquellos, como su mismo nombre lo dice, de límite á los mares, natural es que se correspondan, si no en extension como acabamos de ver, por lo menos en número; así es que á los cinco grandes Océanos, Pacífico, Atlántico, Índico y Polar boreal y Austral, corresponden, Europa, Africa y Asia, que representan el antiguo continente; el americano que recibe el nombre de Nuevo Continente, y la Oceanía al que puede llamarse novísimo. Adoptando la fraccion $^1/_{308}$ como representacion del aplastamiento polar, la extension de los mares es de 374.256,300 kilómetros cuadrados. En cuanto á la extension aproximada, tanto absoluta como relativa, de los continentes, divididos en las 5 partes del mundo, véase el adjunto cuadro.

	Kilómetros cuadrados	Relacion
Europa. . .	9.778,000	100
Asia. . . .	43.300,000	443
Africa. . .	29.700,000	304
América. . .	38.000,000	389
Oceanía. . .	11.000,000	112

Como resultado de la colocacion respectiva de los continentes y los mares, puede decirse que el globo se divide en dos grandes hemisferios: el uno que podemos llamar de las tierras ó continentes, y el otro de los mares (fig. 1).

I.—OROGRAFIA

La palabra orografía, derivada de *oros* montaña, y *graphos* descripcion, significa, ampliando algun tanto el sentido de la primera raíz, descripcion de la parte sólida de la tierra.

Partiendo de la teoría mas generalmente admitida, que es la que supone la fusion primitiva del globo, la costra sólida que vamos á examinar, resultado del enfriamiento y oxidacion de las materias que en su orígen ocupaban la superficie,

forma un todo continuo, cuyas dimensiones son las de la tierra, si se prescinde de la capa gaseosa que la envuelve, siquiera permanezca inaccesible á nuestra observacion la parte muy principal, segun acabamos de ver, representada por las grandes depresiones que hoy ocupan las aguas. Admitiendo una extension vertical media de 20 leguas, y una densidad de 2,79, la proporcion que segun Cordié guarda el peso de esta corteza con el total del globo es de 1 á 16; y de 1 á 20 la proporcion respectiva del volúmen. Estos resultados, sin embargo, no apoyándose mas que en datos bastante inciertos, solo ofrecen un interés de mera curiosidad.

Dejando para lugar mas oportuno el estudio de la composicion y estructura de esta corteza, conviene ahora consignar, apoyados en la teoría ígnea, que las desigualdades que hoy en la superficie se notan, tanto en la parte continental como en la submarina, no son originarias, ni han permanecido siempre las mismas; siendo una de las manifestaciones mas claras de la actividad terrestre merced á la constante accion de los agentes que actúan sobre la superficie. Primitivas no pueden ser estas desigualdades terrestres, por cuanto en un principio hubo de presentarse la superficie igual y uniforme; alterándose tan solo esta uniformidad y determinándose las primeras cordilleras de montañas, por efecto del incipiente enfriamiento, que agrietando la superficie, determinó ó facilitó la salida de masas considerables de rocas no estratificadas, que se llaman hidrotermales por la intervencion que en su proceso tuvieron el agua y el fuego. Estas desigualdades en sentido de elevacion, si bien á primera vista y relacionadas con las exiguas dimensiones de nuestras extremidades inferiores de las que nos servimos para llegar á

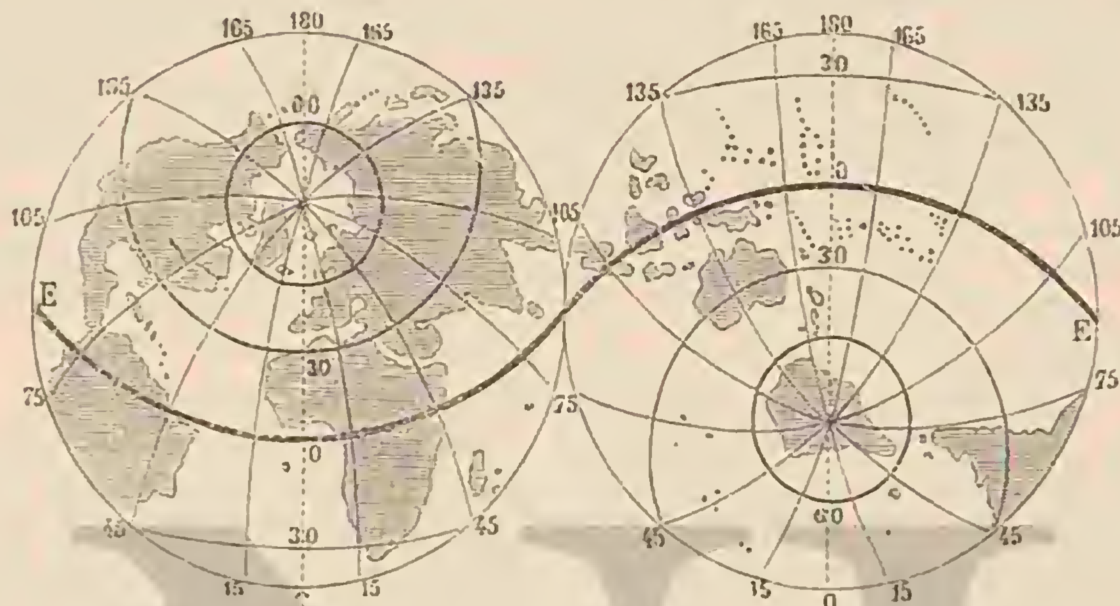


Figura 1. — Hemisferios terrestre y marino

su cumbre, son enormes, comparadas con el radio terrestre, bien puede asegurarse ser menores que las rugosidades de una naranja, respecto de su volúmen.

El siguiente cuadro demuestra esta verdad con la irresistible fuerza de los números.

Mont-Blanc	4,813	metros	$\frac{1}{1330}$	radio	terrestre.
Chimborazo. . . .	6,534	»	$\frac{1}{973}$	»	»
Nevado de Sorata. .	7,696	»	$\frac{1}{826}$	»	»
Monte Everest. . .	8,840	»	$\frac{1}{813}$	»	»

Forma de los continentes. — La forma y direccion de los continentes es muy variada y dependiente de las principales cordilleras, que en diferentes sentidos los surcan: el exámen comparativo de América y Asia con las cordilleras de los Andes, Pedregosas y Aleganhis aquella, y del Himalaya ésta, confirman cuanto acabamos de exponer, sin entrar en mayores detalles por la naturaleza de la obra.

Tal como se hallan constituidas hoy las tierras, ocupan su mayor extension en el hemisferio boreal; ofreciendo una gran dilatacion ó ensanchamiento hácia el Norte, y terminadas en punta, hácia el Sur; por mas que esta disposicion no deba considerarse sino como accidental, puesto que la extension y formas que afectan dependen de los movimientos á que, segun veremos mas adelante, se halla sometido al globo, como consecuencia ineludible del enfriamiento, de la consiguiente salida de la masa ígnea interior, y de las diversas manifestaciones de su actividad.

El desarrollo de los contornos de estos continentes, ó en otros términos, la extension de las costas, no se halla siempre relacionada con la de las tierras; como lo comprueba la continuidad y escasos accidentes de los límites de Africa y Nueva Holanda comparados con las grandes irregularidades, los golfos, mares interiores, etc., de Europa, á cuyos accidentes dió el nombre de articulacion el gran Humboldt, pudiendo presentar como ejemplo Europa y la América del Norte.

Considerada esta diferente configuracion de los continentes bajo el punto de vista comercial y civilizador, no puede menos de haber ejercido cierta influencia en los progresos humanos; por cuanto ha facilitado las relaciones de unos pueblos con otros, la circunstancia de ser accidentadas ó muy articuladas las costas de los indicados continentes. Sin embargo, en este punto hay verdadera exageracion, pues sin negar la accion que estos accidentes terrestres pueden ejercer sobre el hombre, el grado de perfeccion relativa de las diferentes familias humanas es la resultante de una multitud de causas, entre las cuales figura en primera línea, la especial aptitud de cada una de ellas; pudiendo ofrecer, como ejemplo curioso, la comparacion entre las antiguas razas egipcia y siria, que á pesar de vivir en un continente limitado por costas poco accidentadas, alcanzaron un grado de civilizacion muy análogo, y sin duda alguna superior, á la de los peruanos y mexicanos.

Para formarse una idea de la extension total de las tierras y de los mares, así como de las diferentes partes del globo, ponemos á continuacion los datos siguientes:

	Kilómetros cuadrados
Europa.	9.460,000
Asia continental. . . .	41.200,000
Asia y sus islas..	43.960,000

	Kilómetros cuadrados
Australia.	7.660,000
Oceanía.	9.030,000
Africa continental.	22.100,000
Africa y sus islas.	29.700,000
América del Norte. . . .	20.160,000
América y sus islas. . . .	29.700,000
América del Sur.	17.840,000
Las dos Américas.	42.480,000
Tierras del hemisferio boreal.	100.000,000
Tierras del hemisferio austral	34.630,000
Todas las tierras.	134.630,000
Todos los mares.	375.420,000
Tierras y mares reunidos. .	510.050,000

La extension de las costas es de 20,000 millas geográficas las de Europa, 33,000 las de Asia, 16,500 las de Africa, 28,000 las de América del Norte y 16,500 las de la del Sur: en cuanto á las de la Australia, aunque no está exactamente determinada, puede asegurarse que es inferior á las de los otros continentes.

Respecto al relieve medio de los continentes, es bastante difícil de precisar, atendidas las desigualdades del suelo, y la diferente altitud que alcanzan sobre el nivel del mar las llanuras y mesetas. Sin embargo, segun cálculos mas ó menos aproximados hechos por Humboldt, si se suponen demolidas todas las montañas y esparcidos todos los materiales que hoy las constituyen por igual en las tierras firmes, resultaria lo siguiente:

Para Europa, igualadas todas sus desigualdades, darian un nivel de 205m.

Para el Asia, 350m.

Para la América del Norte, 228m.

Para la América del Sur, 345m.

Para la Europa, el Asia y la América, 308m.

Para todos los continentes, 306m.

No se indican los datos de Africa y Australia porque los que se conocen no son suficientes para formar juicio, siendo muy probable que la altitud media de estas dos partes del mundo sea inferior á las restantes.

Por último, dada la proporcion de los continentes y los mares y el relieve aproximado de aquellos, puede asegurarse que, extendidas por igual las tierras en el fondo del mar, formarian una capa próximamente de 75 metros de altura.

La importancia de estos datos se comprenderá mejor cuando hagamos aplicacion de ellos á la estructura de la costra sólida, y á la extension vertical y geográfica de los diferentes terrenos.

Como consecuencia natural de la armonía que entre continentes y contenidos existe, así como se llama estrecho ó canal á la parte de mar que separa á dos de aquellos, á la lengua de tierra que une á dos continentes se denomina istmo. Recibe el nombre de isla una porcion de tierra rodeada por el mar, equivalente al lago, que es una porcion de agua circunscrita por la tierra; por último, los cabos, promontorios y penínsulas de la parte orográfica, son los equivalentes en Hidrografía, á las voces rada, ensenada, golfo, etc.

Una de las cosas que saltan á primera vista, al examinar los continentes, es la desigualdad de relieves que estos ofrecen; aquí, elevados picos, enhiestas cumbres; mas allá, altas mesetas, alterada la uniformidad de su superficie con colinas ó montañas; mas allá, vastas llanuras surcadas por arterias principales que llevan al mar su tributo líquido: de la combinacion de todos estos elementos orográficos, resulta el relieve del terreno, cuyo perfil, trazado con exactitud, marca los desniveles que respecto á la superficie líquida de los mares, caracterizan la llanura, la meseta, la colina y la montaña.

La diferencia de nivel entre el del mar y el de un punto cualquiera del continente próximo, es lo que en términos técnicos se llama altura; así por ejemplo: cuando decimos que Montserrat, en Cataluña, tiene 1,222 metros de altura, ó que el pico de Mulahacen, en Sierra Nevada, alcanza 3,570 metros, queremos significar que la distancia vertical desde la superficie del Mediterráneo á los indicados puntos, es la que marcan aquellas cifras. A menudo no es la altura absoluta la que se busca, sino la relativa de un punto cualquiera, respecto de otro mas alto ó mas bajo; sirviéndonos en uno y otro caso, bien sea del barómetro, del hipsómetro ó de operaciones geodésicas.

Regiones altas y bajas.—Con el fin de facilitar el estudio de todo lo relativo al relieve de los continentes, han convenido los geógrafos en admitir la division de estos en regiones altas y bajas; estableciendo como línea divisoria el nivel de 300 metros sobre el del mar; á estas dos regiones, altas las que están por encima y bajas las inferiores á 300 metros, aunque siempre sobre el nivel del mar, hay que añadir una tercera region representada por las que se llaman depresiones continentales, que ocupan puestos del globo inferiores á la superficie de las aguas de los mares inmediatos. De modo que tenemos que estudiar: regiones altas, regiones bajas y depresiones continentales.

Los accidentes geográficos de las regiones altas y bajas pueden dividirse en tésis general en dos grupos, perfectamente armonizados, puesto que los unos son en su mayor parte dependientes de los otros; aquellos en sentido de elevacion, estos, por el contrario, en el de depresion ó hundimiento; pudiendo colocar entre uno y otro grupo, las llanuras y mesetas, en las cuales tambien suelen existir los montes y los valles; expresiones que sintetizan los dos grupos arriba indicados.

Los accidentes en sentido de elevacion constituyen una serie representada por diferentes términos, caracterizados por su altura y aspecto, los cuales reciben tan distintos nombres en castellano, que ningun otro idioma puede competir para expresar su significado; riqueza que se hace tambien extensiva á la forma y circunstancias especiales que concurren en dichos accidentes. Esta serie empieza de abajo arriba, por el

Altozano.—Llámase así, una pequeña desigualdad ó movimiento en sentido de elevacion del terreno, separado de otros contiguos por pequeñas depresiones del suelo, del cual levántanse aquellos desde uno hasta 5 ó 6 metros, siendo su forma redondeada por regla general.

Cabezo.—Cuando excede algo de esta altura y la forma es redondeada, recibe el nombre de cabezo; voz que se aplica tambien á la cima de los montecillos que se elevan en las sierras y montañas, formando cordilleras.

Cerro.—Cuando la altura excede de 8 á 10 metros, y no llega á 100 ó 150, siendo además su forma, por regla general, no tan redondeada y uniforme como la del cabezo y altozano.

En Carmona, el Viso y Mairena (provincia de Sevilla), dan el nombre de Alcor, en plural Alcores, á ciertos cerros compuestos de arcillas y margas blancas que se distinguen por su coloracion y aspecto desde la vía férrea de Córdoba á Sevilla, y en cuyo terreno se desarrolla una vegetacion especial, circunstancias que unidas á otras que allí deben concurrir, determinan un hecho por cierto poco agradable, y que no debiera mirarse con indiferencia, cual es la elefantíasis, enfermedad horrible que por desgracia aflige tambien á ciertos pueblos del Maestrazgo (en la provincia de Castellon), y de Asturias.

Loma.— El altozano, cabezo ó cerro, suele tambien recibir entre nosotros el nombre de loma, que el Diccionario de voces españolas geográficas define en estos términos: altura de tierra en forma de lomo, con corta pendiente á su costado.

Collado.—Voz derivada del latin *Collis*, y que el citado Diccionario dice ser sitio que va subiendo en cuesta, y forma una especie de garganta en la montaña, por donde se facilita la subida y bajada.

Colina.—Es loma de tierra que no llega á formar montaña, y cuya altura varía de 100 á 400 ó 500 metros.

Por último, la *Montaña* representa el mayor accidente terrestre en sentido de elevacion, de formas muy variadas, y cuya altura excede á la indicada como límite para las colinas; alcanzando á veces algunos miles de metros, segun expresan los siguientes estados:

Europa

Sierra-Nevada (Mulahacen).	3,570
Pirineos (Maladeta).	3,354
Cévennes (Mézene).	1,766
Mont Dor (pico de Sancy)	1,886
Jura (Reculet).	1,727
Vosgos (montaña de Soultz).	1,422
Alpes (Mont-Blanc).	4,813
Id. (Monte Rosa).	4,636
Apeninos (Monte Corvo).	2,900
Carpatos (Tatra).	2,701
Harz.	1,105
Alpes Escandinavos (Imerfield). . . .	2,500
Etna.	3,313
Vesubio.	1,181
Hecla (Islandia).	1,557

Africa

Killimandjar.	6,106
Atlas marroquí.	3,465
Pico de Tenerife (Canarias).	3,711
Monte Ambostimene (Madagascar). . .	2,517
Monte de la Mesa (Colonia del Cabo). .	1,163

Asia

Cáucaso (Elbrouz).	5,464
Grande Ararat.	4,566
Líbano.	2,906
Altai.	3,490
Dapsang (Kara Koroum).	8,640
Kouen-Lun.	7,150
Himalaya (Everest).	8,840
Id. (Davaladjiri).	8,176
Id. (Jaouair).	7,848

América septentrional

Monte San Elías (América rusa). . . .	5,400
Pico Fremont.	4,135
Aleganis (Monte Vashington). . . .	1,918
Sierra Nevada.	4,786
Montañas Pedregosas (Santa Fe). . .	2,705
Orizaba (México).	5,295
Popocatepetl (id.).	5,440

América meridional

Aconcagua (Plata).	7,291
Sohama (Perú).	7,112
Chimborazo (id.).	6,530
Ilimani (Bolivia).	6,509
Nevado de Sorata (id.).	6,488
Gualatieri (id.).	6,693
Arequipa (Perú).	5,782
Itiatago (Brasil).	8,994

Oceanía

Maouna-Roa (Hawai).	4,888
Berapi (Sumatra).	3,960
Semirou (Java).	3,800
Orohena (Taiti).	2,237

Segun los datos que preceden, las diferentes partes del globo siguen de arriba abajo, es decir, de mayores á menores alturas, el órden siguiente: Asia, América meridional, Africa, América septentrional, Europa y Oceanía.

Los accidentes terrestres, cuya definicion, segun acabamos de ver, es tan vaga, se presentan aislados en las llanuras ó mesetas; agrupados alrededor de un punto central ó alineados. En el primer caso reciben los nombres que acabamos de indicar segun la altura que alcanzan, forma que afectan, etc. En los otros se llaman grupos de montañas, cordilleras, ó cadenas de montes: por último, cuando dos ó mas cordilleras afectan una misma direccion media, reciben el nombre de sistema de montañas.

Partes de toda montaña.—En toda montaña hay que considerar las partes siguientes: 1.ª la base, que es el lugar que ocupa, ó la seccion horizontal en su pié; 2.ª la falda ó pié, que es aquel punto donde empieza á elevarse el terreno; 3.ª la cuesta ó ladera, que es el declivio que hace un monte ó altura por alguno de sus costados ó por todos segun su posicion, y cima, que es por donde remata.

Escarpa.—Cuando la pendiente de estos es muy rápida, llegando á veces hasta la vertical, se llama escarpe ó escarpa, y tambien lanchal, palabra muy usada por los habitantes de la Sierra-Carpetana.

Talud.—Llámase talud los escombros que ofrecen los montes en sus laderas ó en la falda, resultado de la accion de los agentes exteriores que determina el desmoronamiento de las rocas.

Cima y cumbre.—Cima es la parte superior por donde terminan los montes; reservándose mas particularmente el nombre de cumbre á la parte por donde rematan las cordilleras ó cadenas de montes: en Galicia la llaman cimbrio.

Formas de los montes.—La forma de las montañas, resultado de la disposicion particular que afectan las laderas y la cima, es muy variada y dependiente de la naturaleza de los materiales que las componen. Recibe esta forma diferentes denominaciones, que importa mucho conocer.

Agujas, picos.—Llámanse agujas, dientes, picos, etc., cuando son agudas, mas ó menos piramidales y destacadas; en la Península estos accidentes casi siempre se hallan relacionados con los terrenos granítico, numulítico y triásico, segun puede observarse en la Sierra Carpetana y en Extremadura por lo que toca al granito; en Monserrat por el terciario, en las agujas de Santa Agueda, provincia de Castellon, en el rodeno del trias.

Cúpula.—La forma de cúpula ó media naranja es característica de muchos montes volcánicos, particularmente de los traquíticos y de la roca llamada Domita, de donde procede precisamente la etimología de los montes llamados en Auvernia (Francia), Puy de Dome, denominacion la primera equivalente á la de Poyo, Pueyo y Otero en castellano, y Puig en lemosin, que se aplica á una altura elevada, mas ó menos redonda, que descuella sobre un terreno llano.

Conos.—En general la forma cónica es propia de los terrenos volcánicos modernos, notándose una truncadura en la

parte superior que corresponde á la cavidad llamada Cráter: tambien es muy comun en España en los terrenos ígneos, en el jurásico y en algunas colinas terciarias.

Torres, cilindros, escalinatas.—Todas estas formas suelen ser propias del terreno volcánico, y tambien á veces entre nosotros del terreno cretáceo. Los montes de Olot y Castellfollit, y del Cabo de Gata en la Península, y los de muchas otras regiones en Europa y América en las que predomina el basalto, presentan esta forma singular.

Mesetas. — Cuando un monte remata en una superficie plana mas ó menos extensa, recibe esta el nombre de mesa ó meseta. En España esta forma es propia de los terrenos terciarios y cretáceos, segun puede verse en ambas Castillas, Aragon y otras comarcas. En algunos puntos de la Península se llama páramo, rasa y braña, que segun el Diccionario de voces orográficas es campo raso, alto y descubierto á los vientos, que por lo comun es frio é inhabitado, y sirve para pastura de ganados y á veces para rozas.

Todas las consideraciones que preceden, aunque referentes á los montes ó montañas aisladas, pueden aplicarse tambien á los grupos y cordilleras. Ofrecen estas, sin embargo, algunos accidentes que pueden llamarse propios; tal es, por ejemplo, el eje, que es la línea real ó aparente, que marca la direccion de las cordilleras, y que por lo comun corresponde á la grieta, ó hendidura terrestre, por donde han aparecido los materiales del interior del globo, que en distintas épocas levantaron los terrenos, constituyendo la parte mas principal de la Orografía.

Algunos autores hacen la distincion de eje geográfico, que es el que divide en dos partes iguales la base de la cordillera, eje orográfico, que es la línea que une sus puntos culminantes, y estratigráfico, que es el que separa las dos vertientes opuestas, determinando la serie de puntos donde convergen los estratos, mas ó menos inclinados por el levantamiento: en las montañas formadas por la erosion de los terrenos inmediatos, el eje estratigráfico marca la interseccion de las dos vertientes.

Con frecuencia, estos tres ejes no coinciden ó no se hallan situados en un mismo plano vertical; observándose por ejemplo, que cuando la inclinacion de las dos vertientes es distinta, el eje estratigráfico que marca los puntos mas altos, ocupa siempre el vértice de la pendiente mas rápida.

Raras veces la inclinacion de las dos vertientes de una cordillera es igual; así por ejemplo, Sierra-Nevada, los Pirineos, los Alpes, el Cáucaso, el Himalaya, y muchas otras cuya direccion media es de Este á Oeste, tienen la pendiente mas rápida hácia el Sur; al paso que las Montañas Pedregosas, los Andes, los Alpes escandínavos, la Selva Negra, el Líbano, el Ural y otras cordilleras orientadas de Norte á Sur, tienen su mayor pendiente al Oeste. Sin embargo que en esta materia no es fácil establecer principios generales, se ha querido sacar de la repeticion de muchos hechos de esta naturaleza, consecuencias que la práctica ha invalidado; tal es, por ejemplo, el que las montañas que rodean á un mar interior, ofrecen su mayor pendiente hácia éste, lo cual parece ser bastante exacto respecto del Mediterráneo, pero en el Báltico y el golfo de México no se observa lo mismo. En cuanto á la estimacion de dicha pendiente, por regla general es tan pequeña, que apenas podria uno dar crédito á no hallarse determinada por observaciones repetidas y minuciosos cálculos; esto causa tanta mayor extrañeza, cuanto que estamos acostumbrados á ver las cordilleras, no tal como son, sino como nos las pinta la ilusion óptica, bien de la cordillera misma, ó de su representacion en los cortes geológicos, en los cuales por necesidad la escala de alturas es mucho mayor que la de las distancias horizontales, sin lo cual apenas podrian indicarse las mayores alturas, y desaparecerian por completo las desigualdades que ofrecen los países llanos. La determinacion de la pendiente de una cordillera se obtiene por medio de una línea trazada desde el punto en que arranca la vertiente, hasta la arista que marca el eje estratigráfico; el ángulo que esta línea forma con el plano del horizonte, da en grados la indicada pendiente.

Hé aquí ahora los resultados de alguna de estas mediciones:

Pendiente oriental de los Vosgos. . .	2° 30′
Id. meridional de los Alpes.	3° 20′
Id. de los Pirineos franceses.	3° á 4°
Id. del Etna hasta el mar.	9°
Id. id. del vértice á la base.	10° 13′
Id. del pico de Tenerife.	12° 29″
Id. del Vesubio.	12° 41′

Las pendientes medias de las mayores cordilleras varian de 2 á 6° ó sea desde 0,03492 á 0,10510 por metro; si bien hay que tener en cuenta que la inclinacion de las crestas y principales cimas es siempre mucho mas considerable que la de los estribos; pues estos suelen extenderse á lo léjos ensanchando considerablemente el área de la base de la cordillera. Las pendientes mas rápidas son las de los volcanes, hasta el punto que algunas partes del Vesubio, Pichincha y Jorullo, ofrecen una inclinacion de 40 á 42 grados; si bien estos casos son excepcionales, pues el amontonamiento de las rocas en los conos suele verificarse entre los 35 y 40 grados, jamás á los cincuenta y cinco; y los escombros de las canteras y los taludes tan frecuentes al pié de los escarpes que alcanzan de 40 á 42 grados, afectan hasta 35 grados, de cuyo límite no exceden.

Tratando de hacer aplicacion de estos datos á las vias de comunicacion, diremos que las pendientes que no exceden de 2 grados, dan fácil acceso á los carruajes; á los 7 ú 8 grados, ya los caminos carreteros son bastante difíciles; la pendiente de 15 grados, puede considerarse como límite de los caminos ó sendas de bestias de carga; por último, el hombre apenas puede trepar por pendientes de 40 á 42 grados, como se observa en el Vesubio, en el Etna y en otros montes volcánicos, donde prácticamente he tenido que vencer hasta verdaderos riesgos para llegar al borde del cráter.

Respecto á la longitud de las cordilleras, el siguiente cuadro indica la de las principales:

	Kilómetros
Pirineo..	420
Kamchatka.	890
Alpes, alrededor de.	900
Gates (India)..	1,250
Alpes Escandínavos.	1,790
Himalaya..	2,560
Montes de Tiouchan.	3,470
Idem de Kouenlun..	3,552
Andes de la América del Sur. . . .	9,335
Cordillera de las dos Américas.. . .	16,667

Del cuadro anterior se desprende que no hay una relacion directa entre la longitud y la altura de las diferentes cordilleras; así como tampoco entre la extension longitudinal y la anchura. Esta última, refiriéndose á los Pirineos entre Saint-Gaudens y Grauss, es de 115 kilómetros; y la de los Alpes, entre Righi y Como, es de 168; y entre Salzburgo y Oppido de 222.

En cuanto á la superficie que ocupan algunas cordilleras, hé aquí los principales datos:

	Kils. cuads.
Alpes	83,300
Cáucaso	83,900
Altai	135,800
Cordillera de México	185,200
Montañas Pedregosas	1.296,200
Montes de la China	1.680,000
Andes de la América del Sur	1.821,000
Todas las cordilleras de la América meridional	3.531,000

Ramales y estribos.—Siguiendo la misma direccion que el eje, y coordinados á este, se presentan en las cordilleras accidentes orográficos de menos importancia, llamados ramales, estribos, machones, cordales en Asturias y Galicia, que con aquel completan la estructura de una cordillera, que podemos definir diciendo que es la continuacion de muchas montañas unidas entre sí á una larga distancia. Tambien se llama cadena de montes por el enlace que unos tienen con otros; y atendiendo á la forma de la cumbre, con frecuencia recibe en castellano la denominacion de sierra, como la Morena ó Mariana, las de Avila, etc.

Serranía.—Al espacio de terreno áspero y montañoso contrapuesto al llano ó campiña, se llama tambien serranía, como la de Cuenca, Albarracin, etc.

Grupos de montes.—Llámase grupos de montes la reunion de varios alrededor de un punto ó centro de accion, desde el cual se extienden en todos sentidos á manera de radios, lo cual hace que los valles que arrancan de la cumbre ensanchen de una manera mas ó menos regular, á medida que se apartan de su nacimiento.

Puerto, garganta y desfiladero.—En el eje mismo de las cordilleras, en el centro de la erupcion de los grupos, y á veces tambien en los estribos, suelen existir parajes abiertos y estrechados por las alturas, que sirven con frecuencia de comunicacion entre dos valles contiguos, accidente que recibe el nombre de puerto, garganta, hoz y tambien desfiladero, distinguiéndose, no obstante, este último, en que en general es mas estrecho y á veces muy profundo. Algunos de ellos han adquirido en la historia justa celebridad, como el famoso de las Termópilas.

Sistema de montañas.—Llámase sistema de montañas el conjunto de cordilleras que siguen la misma direccion media. Resultado de la aparicion simultánea, lenta ó brusca, de los materiales del interior del globo, los sistemas de montañas tienen en la historia terrestre una importancia suma, aun quitándole á este hecho el carácter de absoluto y universal que ha querido darle su autor, el eminente Elie de Beaumont.

Los sistemas admitidos por este distinguido geólogo antes de establecer la famosa red pentagonal, son los siguientes, que se colocan segun el órden de su antigüedad.

	Direccion
1.º De la Vendée	NNO. á SSE.
2.º De Finisterre	E. 21º 45′ N.
3.º De Longmynd (Inglaterra)	N. 25º E.
4.º De Morbihan	E. 38º 15′ S.
5.º De Westmoreland	E. 31º 30′ N.
6.º De los Vosgos	O. 16º N.
7.º Del Jorez	N. 15º O.
8.º Norte de Inglaterra	N. 5º O.
9.º De los Países-Bajos	E. 5º N.
10 Del Rhin	N. 21º E.
11 De Thuringerwald	O. 39º N.
12 De Monte Pilas	E. 40º N.
13 De Vercors (Delfinado)	E. 8º E.
14 De Monte Viso	N. 22º 30′ O.
15 De los Pirineos	O. 18º N.
16 De Córcega y Cerdeña	N. S.
17 De la isla de Wight	O. 4º 50′ S.
18 Del Sancerroy	E. 26º E.
19 De los Alpes occidentales	N. 26º E.
20 De los Alpes principales	O. 11º 15′ S.
21 De Tenare, Etna y Vesubio	N. 26º 15′

Regiones bajas.—Son aquellas, segun hemos indicado, cuyo nivel es inferior á 300 metros; circunstancia que les imprime cierta uniformidad y escasos accidentes; puesto que cuando alcanzan dicha altura, ya pertenecen á las regiones altas. Veamos, pues, cuáles son y con qué nombre se distinguen estos accidentes de las regiones bajas.

Llano.—Se llama así la parte rasa y sin altura ó desigualdades en el terreno, la cual recibe el nombre de llanura, cuando es muy extensa. En Cataluña y Valencia se llama plá, y plana la campiña extendida; como el plá de Urgel, la plana de Castellon. El nivel ó altura sobre el del mar, es lo que distingue al llano y llanura de la meseta: ejemplos de estos accidentes existen en nuestro litoral, como sucede en el llano de Barcelona, en el huerto ó vega de Valencia, que se extienden sin interrupcion á la plana, de la cual hállase separada por las cuestas de Oropesa, la hermosa rinconada de Torreblanca, que termina en Alcoceber y Ribamar de Alcalá, provincia de Castellon. Estas llanuras, situadas á escasa altura, forman contraste con las mesas de ambas Castillas, colocadas á 600 y mas metros, como resultado de una especie de levantamiento en masa del centro de la Península.

Landa.—Se llama al llano ó llanura, de suelo arenoso y de escasa y uniforme vegetacion, como se observa en el departamento así llamado en Francia.

Médano ó mégano.—Casi siempre las landas empiezan en la costa misma, donde, si es plana ó arenosa, á impulsos de los vientos cuando corren en direccion de la tierra, se forman pequeños altozanos ó cabezos, redondeados y movedizos, á los que se da el nombre de médano, medaño ó mégano, como lo dicen las gentes de mar; equivale á la palabra *duna* tomada del francés, sin necesidad, pues que las nuestras son bastantes para expresar el hecho.

Desiertos.—En el centro de Asia y Africa existen regiones inmensas, cubiertas por lo comun de arenas movedizas, que se agitan á impulsos del viento como las olas del Océano, en que no hay poblacion formada, cultivo, ni mas que gentes vagantes; á estas vastas llanuras se da el nombre de desierto.

Oasis.—Llámanse así aquellos puntos del desierto en donde se nota cierta vegetacion que contrasta con la esterilidad de este, resultado de algun manantial que nace allí, bien sea espontáneamente ó debido á la intervencion del hombre.

Pampas.—En la América se notan tambien vastas regiones de terreno llano ó poco accidentado, con una vegetacion á veces lozana, donde se han desarrollado de una manera prodigiosa las grandes manadas de caballos y toros salvajes desde la conquista, á las cuales se llama pampas, y se extienden desde Buenos Aires hasta cerca de la Tierra del Fuego. Igual nombre reciben las tribus salvajes que viven en dichas llanuras.

Sabanas.—Aunque sin ocupar la extension de las pampas, existen tambien en dicho continente grandes páramos, llanuras extensas y arenosas, sin árboles, aunque suelen abundar de buenos pastos, y á las que se da allí el nombre de sabana.

Estepa.—En Rusia particularmente, llámanse estepas á ciertas regiones no tan vastas como los desiertos ni las pampas, de escaso cultivo y poco habitadas. En varios puntos de la Península existen tambien estepas, que se denominan así por las diferentes especies de plantas del género de este nombre que en ciertas comarcas viven; siquiera, en general, no correspondan á las regiones bajas, y sí mas bien á lo que hemos llamado páramo ó paramera.

Depresiones continentales.—Son ciertas regiones mas ó menos considerables, poco accidentadas por lo comun, y que se distinguen en que su nivel medio es inferior al del mar próximo; pudiendo citar como ejemplos notables la del Turkestan al Oeste de Asia, donde se hallan situados los grandes lagos mal llamados mares, por ser sus aguas saladas, Caspio y Aral.

Sin embargo, la depresion mas notable que hoy existe es la del lago Asfaltites, ó Mar Muerto como le llaman otros.

Valles.—Lo mismo en las regiones altas que en las bajas, se notan tierras profundas y llanas, á veces depresiones ó surcos mas ó menos estrechos, situados entre dos montañas ó alturas, que les sirven de muro lateral ó vallado, á las que se da el nombre genérico de valles.

Alveo ó Madre.—Llámase álveo, y mas comunmente madre, el suelo ó lecho por donde corre el rio, y comprende el espacio que ocupan las aguas en sus crecientes regulares; cuando en las avenidas extraordinarias extienden sus aguas, se dice que el rio salió de madre, esto es, de su álveo natural.

Vaguada.—Con este nombre se distingue en castellano lo que en lenguaje germánico se llama Thalweg, que significa camino del valle, y se aplica al eje ó línea media de un valle por donde comunmente corren las aguas, que, como es sabido, en muchos valles no ocupan toda la anchura del cauce; por cuya razon la palabra que adoptamos, indicada por primera vez por nuestro buen amigo el eminente ingeniero don Meliton Martin, nos parece muy propia, por expresar el punto por donde van las aguas.

Riberas.—Todo valle ofrece dos laderas, derecha é izquierda, siguiendo el curso de las aguas, á las que se ha dado el nombre de márgen, orilla ó ribera, palabra que algunas veces se toma por la costa del mar, y otras tambien como sinónima de vega.

Los valles reciben diferentes nombres, segun los accidentes que los caracterizan; así, por ejemplo, con referencia á su direccion, se llaman longitudinales y tambien principales, á los que suelen ser paralelos con el eje de las cordilleras; y trasversales á sus tributarios ó afluentes, los cuales forman con aquellos un ángulo mas ó menos abierto.

Cuenca.—Esta palabra que puede tener un significado orográfico é hidrográfico, y que mas adelante veremos que en lenguaje geológico tiene grandísima importancia, se aplica al conjunto de valles pequeños y grandes, trasversales, que van concluyendo en uno principal ó longitudinal, á la manera que las venas van reuniéndose á otras mayores, hasta formar el gran tronco que se llama vena cava. El Ebro, el Tajo, Duero, Guadalquivir, etc., con todos sus afluentes respectivos pueden tomarse entre nosotros, como tipo de cuencas.

Con relacion á las causas, muy variadas, por cierto, que han intervenido en la formacion de los valles, se llaman estos orográficos, de erupcion, de denudacion, etc.

Valles orográficos.—Son aquellos cuyo orígen hay que buscarlo en movimientos del suelo, siquiera contribuya, una vez constituidos, á ensancharlos y modificarlos en diferente sentido, la accion del agua, bien sea líquida ó sólida. De estos valles, los unos pueden llamarse orográficos propiamente dichos, y se parecen mucho por la causa que los ha determinado á los de erupcion y levantamiento; los cuales generalmente se hallan representados por un espacio de terreno largo y estrecho, originariamente llano ó poco accidentado, que á consecuencia de la aparicion lenta ó súbita de dos cordilleras ó estribos, quedó como enclavado en ellas.

Una vez así constituidos estos valles, han sido profundamente alterados por la accion combinada de todos los agentes que actúan en la superficie del globo. El fondo, ó sea la parte principal de lo que en Suiza se llama Canton del valle (Valais en francés), puede tomarse como modelo de esta especie de valles orográficos, determinado, en gran parte, por el levantamiento de los Alpes centrales y modificado con posterioridad por las aguas líquidas del Ródano, que arrancando del glaciar de este nombre, recorren todo aquel territorio, hasta muy cerca del lago de Ginebra, con todos sus afluentes: tambien las nieves perpetuas han dejado allí claras señales de su poderosa accion, contribuyendo á modificar aquel valle, que puede llamarse tambien longitudinal, por su direccion media paralela á la del eje de dichos Alpes, y tambien valle irregular, por las dilataciones y angosturas que ofrece. Los valles del Aar en los Alpes de Berna, los de Chamounix y Aosta, separados por la gran masa del Mont-Blanc y muchos otros, pueden presentarse como modelos en aquel país clásico para toda especie de accidentes geográficos.

Los valles de replegamiento ó undulacion, forman un segundo grupo de los que llamamos orográficos; y consisten en depresiones rectilíneas y mas ó menos extensas en sentido longitudinal, contenidas entre dos cordilleras paralelas, formadas unas y otras por el replegamiento y undulacion de las mismas capas de los terrenos de sedimento. Estos valles son muy comunes en la cordillera del Jura, y entre nosotros en la provincia de Cádiz, segun dice el Sr. Macpherson en la interesantísima descripcion que de aquel terreno ha publicado y en la Memoria sobre la Serranía de Ronda. La figura 3 dará una idea de lo que son estos valles.

Valles de rotura, se llama á un tercer grupo de accidentes orográficos, determinados, como su mismo nombre lo dice, por el quebrantamiento y desgarradura del terreno, efecto de acciones subterráneas, dando orígen á ciertas depresiones no sobrado extensas en sentido longitudinal, pero interesantes por ser muy variadas en forma y aspecto, y hasta con frecuencia las mas agrestes y pintorescas. El fondo de estos valles suele ser redondeado; unas veces ocupado por las aguas, y otras hermoseado por bellos prados: las riberas que limitan estos valles ofrecen diferente aspecto; pues mientras la una suele presentarse cortada á pico á manera de escarpe ó escarpadura, la otra corresponde á la pendiente inclinada de la bóveda central (fig. 3).

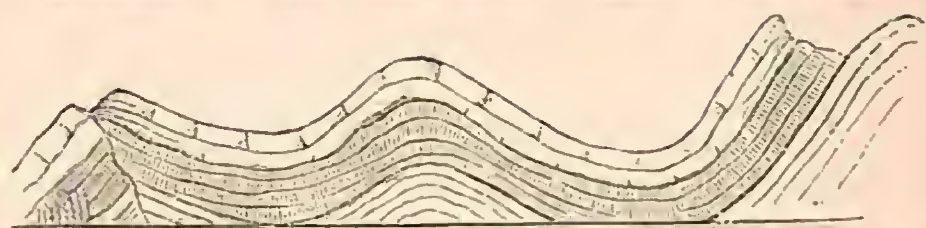


Fig. 2.—Corte teórico de los valles de replegamiento del Jura

Estos valles que accidentan en todos sentidos y contribuyen á hermosear la cordillera del Jura, donde llevan nombres locales muy difíciles de verter á nuestro idioma, tales como combe, que podria tal vez llamarse comba, cotes, cluses, ruz, etc., son equivalentes en muchas ocasiones á los desfiladeros y gargantas; recibiendo el nombre de cañones y barrancas en la gran cordillera de México, donde estos accidentes orográ-

ficos adquieren proporciones colosales, debidas á las dislocaciones del suelo, efecto de movimientos terrestres, y tambien á la erosion de las aguas.

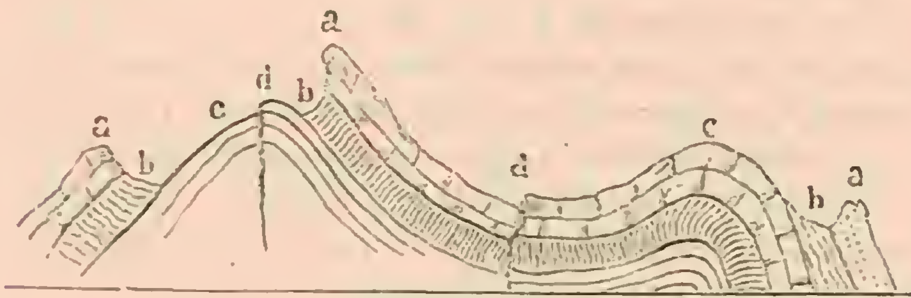


Fig. 3. — Levantamientos y replegamientos del Jura. — *a*, crestas; *b*, combas; *c*, bóvedas; *d*, fallas

Llámanse *valles de erupcion* á los formados por dos corrientes de lava de notable longitud á veces y altura, que ensanchan á medida que se apartan aquellas de la boca volcánica de donde proceden, y cuyas laderas y fondo, por regla general, son muy escabrosos y desiguales.

Valle de erosion ó denudacion se llama á los surcos flexuosos y generalmente muy largos, producidos ó abiertos por la fuerza de acarreo de las aguas corrientes, dejando ver ó poniendo al descubierto lo que antes estaba oculto; que esto es lo que significa el verbo desnudar. Distinguense estos valles por dos circunstancias muy atendibles, á saber: por hallarse niveladas las extremidades de sus laderas, y por la uniformidad con que en una y otra repiten los mismos materiales; como que el espacio que las separa formaba antes un todo unido. Por el fondo de estos valles suelen serpentear las aguas, unas veces como simples arroyos y otras formando grandes rios; restos de las corrientes que dieron orígen á semejantes accidentes. Hállanse estos situados á todas alturas y en todos los terrenos, siquiera sean mas frecuentes y fáciles de reconocer en los de sedimento y en los de la formacion diluvial; como de ello tenemos muchos ejemplos en las afueras y dentro mismo de Madrid. En los paises montañosos, arrancan estos valles de ambas vertientes de las cordilleras y de puntos no lejanos de las crestas ó cimas; y en los paises llanos, se observan en la parte superior de las mesetas, en las divisorias de las aguas. Su orígen suele ser por depresiones casi inapreciables del suelo, que ensanchan y profundizan acentuándose mas y mas; ó bien son debidos á desniveles frecuentes y como escalonados, que afectan á veces la forma semicircular análoga á la de los circos romanos, por cuya razon reciben este nombre; como se observa en el valle de Anzasca en los Alpes, y en los famosos de Pau y Gavarni en los Pirineos.

Las diferentes circunstancias que en estos valles concurren, dependen en gran manera de la estructura y naturaleza de los terrenos, de la pendiente del fondo, y del volúmen y fuerza de acarreo de las aguas; pero el describir los que corresponden á estas ó las otras comarcas, segun su respectiva constitucion geológica, nos apartaria demasiado de nuestro propósito.

Sin embargo, no siempre los valles de erosion se hallan recorridos ó asurcados por aguas corrientes, en cuyo caso se llaman valles secos, y rieras en Cataluña, como las que se observan fuera y aun dentro de Barcelona, como lo acreditan los nombres de alguna calle. Pero sea con agua permanente ó sin ella, distinguense de los valles orográficos, y principalmente de los de replegamiento, en que léjos de hallarse aislados como estos, se enlazan, ó por mejor decir, confluyen unos en otros, constituyendo la especie de ramificacion que ya dijimos representaba la cuenca hidrográfica.

Además de los grupos anteriormente indicados, hay valles que se llaman uniformes, que son aquellos que á partir en los grupos de montañas de puntos muy próximos á su centro eruptivo, van ensanchando de una manera regular, á medida que se apartan de su orígen; y otros irregulares, que ofrecen ensanchamientos y estrecheces en su curso, cómo se observa en el ya citado valle del Ródano, donde estos accidentes se repiten muchas veces.

Por último, sucede muy á menudo que un mismo valle ofrece circunstancias tales, que no puede atribuirse su formacion á una sola sino á varias causas; cuya influencia se traduce fácilmente en los varios caractéres ó rasgos que le distinguen, por cuya razon suelen llamarse mixtos.

Completan el cuadro de los accidentes orográficos, en sentido de depresion, ciertas cavidades, unas veces verticales, otras en sentido longitudinal, pero subterráneas, que se conocen con los nombres de pozos naturales, simas, grietas, abrigos ó resguardos naturales, y por último cavernas, cuya importancia y diversa significacion se explicarán en lugar oportuno.

II. — HIDROGRAFÍA

Derivado de *hidros*, agua, y *grafos*, descripcion, el adjetivo que lleva este artículo indica que vamos á ocuparnos en el estudio de todo lo relativo á las aguas que hay en la superficie del globo terrestre.

Este cuerpo, considerado como elemental por los antiguos, consta de oxígeno é hidrógeno, combinados en la proporcion de dos volúmenes de este por uno de aquel; y se presenta en la superficie del globo en estado líquido, sólido y gaseoso.

Reservando para mas adelante dar á conocer el orígen del agua en la tierra, cumple ahora exponer los hechos geográficos mas importantes que con este agente se relacionan, sobre todo en su estado líquido y sólido; prescindiendo por ahora del gaseoso, por estar en la atmósfera, de la que solo accidentalmente trataremos, por ser su estudio mas bien de la incumbencia de la Meteorología.

Hielo y Nieve.—Cuando el estado sólido del agua depende de la cristalizacion que la baja temperatura determina en las aguas líquidas, se llama hielo; y cuando este fenómeno se verifica en las altas regiones de la atmósfera, de donde se desprende en forma de copos, recibe el nombre de nieve. El mismo estado sólido presenta, aunque mas compacto, el agua cuando cae en forma de granizo ó piedra.

El estado sólido del agua puede ser temporal y transitorio ó permanente, en cuyo caso se llama hielo ó nieve eterna, como se observa en las regiones polares, y en las cordilleras mas altas del globo, Himalaya, Andes, Alpes, Pirineos, etc.

En todas estas regiones, la condicion precisa para que las nieves y los hielos sean perpetuos, es que la temperatura media no pase de 0 en la escala ascendente del termómetro. Esta circunstancia se nota en las altas latitudes por la oblicuidad con que estas reciben los rayos solares; y en las zonas templadas y tórrida, en las grandes alturas, por efecto de la distribucion del calor en las regiones atmosféricas.

De modo que por lo visto, en este concepto considerada, la altura compensa ó equivale á la latitud.

Los hielos perpetuos ocupan extensiones inmensas en las regiones polares, cuyas aguas se hallan congeladas, no teniendo quizá gran fundamento, segun parecer del distinguido geólogo y viajero sueco Nordenskjold, que llegó en una de sus expediciones hasta los 82° de latitud Norte, la opinion emitida por algunos, de que alrededor de los polos los mares estén líquidos.

Las nieves perpetuas se presentan en inmensas masas de granos sueltos como arena amontonada, segun se observa en los mas altos picos de los Alpes, Andes, etc.; ó de estructura compacta, sólida y con una tenacidad solo comparable con la de muchas rocas. En este caso se halla dotada de movimiento, y constituye lo que se llama Glaciar, palabra de orígen latino, que no dudamos en introducir en nuestro lenguaje, persuadidos de la poca exactitud é impropiedad de las voces ventisquero, helero, y helera que otros emplean.

Límite de las nieves perpetuas.—Llámase así, y tambien nivel de las nieves perpetuas, la línea mas ó menos irregular que expresa los puntos en que en cada hemisferio el agua se presenta sólida, de un modo permanente.

La altura donde esto se verifica varía con la latitud; observándose que mientras en la costa noruega desciende hasta los 700 metros, en el Himalaya se eleva hasta 5,000.

Respecto al límite de los hielos polares, solo podemos decir en tésis general, que los del hemisferio Norte no suelen pasar de los 80°, mientras en el Sur llegan al 60.

Los hielos y las nieves temporales ofrecen tan poca importancia en la física terrestre, que no merece nos detengamos mas en su exámen.

Agua líquida.—El agua líquida ocupa inmensos espacios en la superficie terrestre, limitados por los continentes: encuéntrase tambien á la superficie y en el interior de estos, recibiendo en el primer caso el nombre de mares, y en el segundo el de manantiales, rios, lagos, etc.

Océano.—Los mares en su acepcion mas lata se llaman océanos.

Mediterráneo.—Cuando las aguas de estos entran por algun estrecho ó canal en alguna de las grandes depresiones terrestres; tambien reciben el nombre de mares interiores, como el Báltico, el Mediterráneo propiamente dicho y el de México.

Golfo, Ensenada, etc.—En los océanos, como en los mediterráneos, cuando por efecto de la forma de las costas, las aguas penetran en mayor ó menor escala en las tierras, reciben estos accidentes hidrográficos el nombre de golfo, como los de Lion, Gascuña, Valencia, etc.: ansa, ensenada, rada y puerto, cuyo último nombre se aplica mas comunmente á aquellos puntos que ofrecen ventajas naturales ó artificiales, para el comercio marítimo.

Fyordo.—A veces el mar penetra muchas leguas tierra adentro por una abertura estrecha, con frecuencia erizada de escollos, en costas entrecortadas é irregulares; este accidente propio de los paises escandínavos, donde lo observé en 1869, recibe el nombre de Fyord, palabra que hay que aceptar á falta de otra equivalente en nuestro idioma, pues aunque la ria ofrezca alguna semejanza, no pasa á ser fyord, faltando en este la mezcla de aguas dulces y salobres que se observa en la ria.

Como ejemplos de fyordos podemos citar el Issefyord, Limefyord y otros, en Dinamarca; los de Udewalla, Kallo, etc., en Suecia.

Estuario.—El punto por donde el mar penetra en sus dos movimientos de flujo y reflujo, y por el cual se retiran las aguas, así en la costa como en los rios mismos, se llama estuario.

Donde las aguas saladas encuentran un grande obstáculo en las que bajan por el rio, se forma una barra á manera de ola grande, que suele producir efectos destructores en las riberas, á la cual llaman en América Poro-roca y Espera; así se designa tambien al punto en que por razon de la profundidad del rio y de la gran masa de agua acumulada, la marea queda tranquila, conservando el mismo nivel; en la zona del rio Amazona llaman Bore á este hecho curioso.

Estrecho ó canal.—La comunicacion entre dos océanos, ó entre alguno de estos y un mar interior, se llama canal, estrecho ó brazo de mar, como el de Gibraltar, el canal de la Mancha, etc.

Como complemento de lo que aquí conviene consignar, respecto á los mares, que ya dijimos son cinco como los continentes, pondremos á continuacion una especie de índice de las principales divisiones en cada uno de ellos admitida.

Primero. *Océano Glacial Artico.*—Se extiende desde el círculo polar hasta el polo N.; sus límites son Europa, Asia y América. De este mar dependen:

1.°	El mar Blanco. . . .	Golfo de Obi.
2.°	El de Kara.	Idem de Ienisei.
3.°	El de Kalgouef. . .	Mar Polar.
4.°	El de Siberia.	Golfo de Baffin. Idem Cristian ó canal Fox. Idem de Hudson.

Segundo. *Océano Atlántico.*—Situado entre Europa, Africa y América, desde el círculo polar N. hasta el Cabo de Hornos: se divide en tres porciones, llamadas *boreal*, *equinoccial* y *austral*, segun su posicion, extendiéndose el primero desde el círculo polar hasta el trópico de Cáncer; el segundo entre éste y el de Capricornio, y el tercero hasta el Cabo de Hornos. Este Océano ofrece las ramificaciones siguientes:

1.°	Mar del Norte.	Golfo de Cattegat. Zuiderzée.
2.°	Mar Báltico.	Golfo de Finlandia. Idem de Botnia. Idem de Livonia.
3.°	Mar de Irlanda.	
4.°	Golfo de Gascuña.	
5.°	Mediterráneo.	Golfo de Génova. Mar Tirreno ó de Sicilia. Idem Jónico. Idem Adriático. Golfo de Tarento. Mar de Candia. Archipiélago griego. Mar de Mármara. Idem Negro y de Azof.
6.°	Golfo de Guinea.	
7.°	Mediterráneo de la Colombia.	Mar de las Antillas. Golfo de México. Idem de Honduras. Idem de Darien.
8.°	Mar de los Esquimales.	
9.°	Idem de la Groenlandia.	

Tercero. *Océano Indico.*—Limitado al N. por el Asia, al O. por el Africa y al E. por la península de Malaca, islas de la Sonda y la Nueva Holanda. De este mar dependen:

1.°	El mar de Oman.	Golfo de Aden. Mar Rojo. Golfo Pérsico.
2.°	El de Bengala.	Idem de Martaban. Mar de Nicobar.

Cuarto. *Océano Pacífico.*—Se extiende desde el círculo polar N. al del S., limitado por el Asia, islas de la Sonda y Nueva Holanda por un lado, y por otro por las dos Américas. Este es el verdadero y único mar que con sus aguas circunda el mundo entero, comunicando por el Cabo de Hor-

nos con el Atlántico, y por las islas de la Sonda y la Nueva Holanda con el de la India. Se divide, como aquel, en tres porciones, boreal, equinoccial y austral, y sus dependencias son las siguientes:

1.° Mar de Bering.
2.° Idem de Okhotsk.
3.° Idem del Japon.
4.° Mar Azul. . . . . { Mar Amarillo. Idem de Pekin. Idem de Liao-Tong.
5.° Mar de China. . . . . . { Golfo de Tong-King. Idem de Siam.
6.° Mar de Mindoro.
7.° Idem de Célebes.
8.° Idem de Java.
9.° Idem de la Sonda.
10. Idem de las Molucas.
11. Idem de Carpentaria.
12. Idem del Coral.
13. Idem de la Australia.
14. Idem de la California ó de Cortés.
15. Golfo de Panamá.

Quinto. *Océano Glacial-austral ó del Sur.*—Se extiende desde el polo boreal hasta el círculo polar de este nombre. Es el menos conocido de todos, por las grandes dificultades que ofrecen los témpanos de hielo á la navegacion: permanece indiviso, por sernos desconocidas las tierras que en él pueden hallarse.

Respecto al volúmen de las aguas terrestres, podemos decir que aunque de una manera apenas sensible, no deja de disminuir; tanto por las combinaciones de este cuerpo con diferentes elementos componentes de las rocas, cuanto por el enfriamiento progresivo de la costra sólida; lo cual determina una mayor imbibicion de las aguas de la superficie. A este propósito, el señor Vezian dice: «Suponiendo que la profundidad media del Océano primitivo fuese de 2,500 metros, y que la costra sólida pueda absorber el $^1/_{50}$ de su volúmen de agua liquida, por esta sola causa el nivel de los mares ha descendido 200 metros; y que toda el agua de los Océanos se perderá en las profundidades del globo, el dia «por fortuna aun remoto» en que la costra sólida alcance 125 kilómetros, ó sea $^1/_{50}$ del radio terrestre.»

Sea de esto lo que se quiera, lo que no puede negarse es que el nivel del mar ha variado, tendiendo á descender, á pesar de la accion contraria que debe producir la contraccion terrestre, que segun Vezian, debe estimarse en 3 metros; sin embargo, la emersion de los continentes determina, como por un movimiento de báscula, el descenso de los mares; habiéndose esto verificado segun aquel geólogo en una escala considerable; puesto que llega á 96 metros, á los cuales hay que agregar los doscientos, resultado de la absorcion terrestre; y si de ello restamos los tres metros que suma el levantamiento por la contraccion terrestre, resultará una diferencia de nivel entre el actual y el de los mares primitivos, de 293 metros. Lo que sí puede asegurarse es, que con muy corta diferencia, y hecha abstraccion de las irregularidades de la curvatura terrestre, el nivel de los mares viene á ser el mismo en todos ellos; habiendo demostrado el rompimiento del Istmo de Suez que eran infundados los temores de una invasion de las aguas del mar Rojo en el Mediterráneo, por creerlas mas altas.

En cuanto á la profundidad que alcanzan los mares, bien puede asegurarse ser tan variable, como las desigualdades en sentido contrario que ofrecen los continentes; en algunos puntos ha llegado la sonda á profundidades mucho mas considerables que las mayores alturas continentales; como la de 15,000 metros encontrada por Parker entre Rio-Janeiro y el Cabo de Buena Esperanza; y en el gran Océano, Riuggol, que llegó á 14,000; es decir, que solo estas profundidades equivalen casi al doble del Himalaya y al triple del Mont-Blanc. Sin embargo, esto es excepcional; debiendo además tener en cuenta las causas de error que pueden existir en las operaciones de sondeo; asi es que la profundidad media, que deducida de la teoría de las mareas no da mas que 4,000 metros, segun Young, oscila entre 4,800 y 6,000 metros; por último, segun Humboldt, excede cinco á seis veces la altura media de los continentes, debiendo ser por consiguiente de 3,500 metros. Todo esto, sin embargo, no pasa de ser aun hipotético, pues faltan datos para establecer de una manera séria, principios fijos. Por regla general, puede establecerse que los mares interiores, los golfos, estrechos, etcétera, ofrecen menos profundidad que los grandes Océanos, como parecen acreditarlo los resultados de los sondeos hasta ahora practicados

Respecto á la composicion de las aguas del mar, hé aqui el resultado de dos análisis, practicado uno por el señor Regnault, y trascrito de su curso de Química; y el otro de la Física del globo de Boccardo.

	Regnault	Boccardo
Agua	96,470	96,20
Cloruro sódico.	2,700	2,71
Id. magnésico.	0,360	0,54
Sulfato de magnesia. . .	0,230	0,12
Id. de cal.	0,140	0,80
Cloruro potásico. . . .	0,070	0,40
Carbonato de cal. . . .	0,003	0,10
Bromuro magnésico. . .	0,002	0,10
Residuo no determinado. .	»	2,30

Contienen además las aguas del mar, vestigios de cloruro de calcio, de hierro y de plata; este último en la proporcion de un milígramo por cien kilógramos de agua; lo cual, teniendo en cuenta el volúmen de los Océanos, alcanza, segun Tuld, la enorme cantidad de dos billones de kilógramos, que equivale á mil veces el producto de todas las minas conocidas de plata. Además de estas sustancias, lleva tambien el agua del mar, clorhidrato de amoniaco, yoduro de potasio, sulfatos de sosa y de potasa, carbonatos de hierro y de otras sustancias menos importantes.

La proporcion en que se encuentran las materias fijas en las aguas del mar, la determina el residuo que deja la evaporacion; que sobre mil partes en peso de agua, deja de 34,40 á 37,55 de residuo sólido; el cual, extendido por toda la superficie del globo, formaria, segun Cordier, una capa de 16^m,6 de espesor.

La composicion del agua del mar, puede decirse que es originaria, ó que arranca desde los primeros momentos en que las aguas pudieron permanecer á la superficie del globo, no habiéndose modificado mucho en la larga serie de siglos trascurridos desde entonces, y ofreciendo tambien pocas diferencias de unos mares á otros, relacionadas principalmente con la cantidad de aguas dulces que reciben, con la escala en que se verifica la evaporacion, y quizás tambien con la existencia de manantiales minero-termales en su fondo.

Solo se apartan, dentro de ciertos límites, de esta regla general, ciertos lagos mal llamados mares, cuyo aislamiento ó falta de comunicacion con los verdaderos mares constituye uno de esos hechos, no bien explicados aun, siquiera se atribuyan á movimientos generales del suelo. De estos lagos, al-

gunos como el Caspio y Aral tienen aguas que solo se diferencian de la de los Océanos en la cantidad de sustancias á la que deben su mayor salobrez; en cuyo concepto, podrian considerarse, como quieren algunos, como resto de antiguos mares con los cuales comunican subterráneamente sus aguas, que por esta razon son menos saladas; opinion de todo punto inadmisible.

En otros lagos, como los de las aguas saladas de Armenia, la altura considerable que excede de 1,600 metros, imposibilita mas aun la idea de ser resto de antiguos mares; pues no se comprende cómo pudieran haberse conservado las aguas, cuando ocurrió el levantamiento que las colocó donde hoy se encuentran; siendo mas fácil explicar el sabor y composicion de sus aguas, por la inmediacion de grandes depósitos de sal. Por último, el mar Muerto, mal llamado tambien así, pues no pasa de ser un lago, y otro de aguas saladas situado al Oeste de los Estados-Unidos, llamado de Utah, ofrecen una cantidad desproporcionada de sustancias minerales, que por evaporacion llega en las aguas del mar Muerto hasta 22,77 por 100 y en las del otro á 22,4; de donde resulta, que el peso especifico, estrechamente relacionado con las sustancias interpuestas en el agua, llega á 1,24.

Segun Boussingault, las aguas del mar Muerto contienen las sustancias siguientes:

Agua.	77,230
Cloruro de magnesia. . . .	10,729
Id. de sodio.	6,496
Id. de calcio	3,559
Id. de potasio..	1,611
Bromuro de magnesia. . . .	0,331
Sulfato de cal..	0,042
Carbonato de cal..	0,003
Clorhidrato de amoniaco. . .	0,001

Casi, casi, son aun mas curiosos los lagos de Natron en Egipto, que además del carbonato de sosa, contienen cloruro sódico y sulfato de cal; y los del Tibet, en cuyas aguas solo se encuentra borato de sosa: el orígen de estos últimos, dadas la especial naturaleza de sus aguas, y las peculiares circunstancias que en ellos concurren, es aún mas difícil de referir á la comunicacion con otros mares.

Tambien llevan las aguas del mar en disolucion el aire atmosférico con el ácido carbónico, cuya proporcion aumenta á expensas de la del nitrógeno con la profundidad; encontrándose el oxígeno, ázoe y ácido carbónico, aunque variando algun tanto en sus proporciones, hasta mas abajo de 5,000 metros, donde existe aun la vida.

Completa, por último, la composicion de dichas aguas, una cantidad prodigiosa de animalillos microscópicos y materia orgánica, cuya importancia daremos á conocer al tratar de la formacion de ciertos materiales terrestres.

Las aguas líquidas no ocupan solo los grandes recipientes que se llaman mares; tambien circulan á la superficie ó en el interior del globo, constituyendo lo que se llama hidrografía exterior y subterránea.

Cuando el agua se desprende en forma de lluvia, al llegar á la superficie de la tierra se divide en tres partes; una que vuelve por evaporacion á la atmósfera de donde procede; otra que corre á la superficie; y la tercera, si las capas sobre que cae son permeables, penetra en el interior, por donde circula hasta que encuentra fácil salida á la superficie. El nacimiento ó aparicion al exterior del agua subterránea, es lo que se llama manantial ó fuente, siquiera esta última palabra deba en rigor aplicarse con mas propiedad, al receptáculo ó alberca natural ó fabricado por el hombre, para recibir las aguas en su aparicion.

Los manantiales reciben diferentes nombres, segun las circunstancias que caracterizan su aparicion, la temperatura y calidad de sus aguas, etc.; así, por ejemplo, llámanse perennes ó constantes, aquellos cuyas aguas fluyen siempre; y por el contrario, temporales cuando se agotan en tiempo seco; si los intervalos que separan entre sí las salidas ó apariciones del agua son regulares, los manantiales se llaman intermitentes; pudiendo citar como ejemplos notables, el que existe en la famosa Vila llamada de Plinio, junto al lago de Como, y el de Hautes Combes, célebre monasterio situado en la ribera occidental del lago de Bourget.

Segun la temperatura y naturaleza de las aguas, se llaman los manantiales frios, templados y cálidos ó termales, tomando por término de comparacion la media del ambiente, en el punto donde las aguas aparecen. Mineral y medicinal se llama cuando llevan suspensos ó disueltos algunos cuerpos inorgánicos, en cantidad bastante considerable para comunicar al agua estas propiedades.

Hidrografía externa.—Desde el punto de su aparicion al exterior en los manantiales, las aguas, por correr á la superficie de la tierra, siguiendo los accidentes que esta ofrece, dan orígen á lo que se llama hidrografía externa; representada por los arroyuelos, arroyos, cañadas y rios de primero, segundo y tercer órden; hasta pagar de nuevo su tributo á los mares, de cuya superficie, por evaporacion proceden.

Cuenca hidrográfica.—Al conjunto de todas las ramificaciones de una gran arteria terrestre, se da el nombre de cuenca hidrográfica, como la del Ebro, Tajo ó Guadalquivir; llamándose boca, desembocadero ó desembocadura, aquel punto por donde las aguas de un rio entran en el mar.

Bocas de rio.—Algunos rios tienen diferentes bocas ó ramales, que son otras tantas entradas desde la mar, como se observa en el Nilo, en el Orinoco y en otros muchos.

Rápidos, Cataratas, Cascadas, etc.—Cuando la pendiente por donde corren las aguas en un rio es mas ó menos fuerte, se originan los rápidos y las cataratas, si las aguas se precipitan de una vez desde gran altura; cuando la cantidad de agua es menor, reciben los nombres de saltos, cascadas naturales ó artificiales.

Lagos y su clasificacion.—Sucede á menudo que las aguas corrientes, al encontrar en su curso una depresion mas ó menos considerable, forman un depósito al que se da el nombre de lago; aunque segun vamos á ver, no todos reconocen el mismo orígen. Estos pueden dividirse en cuatro grupos, á saber: primero, aquellos que no reciben, ni dan agua corriente, se alimentan de la de lluvia, y de veneros subterráneos; el de Albano junto á Roma, antiguo cráter volcánico, puede citarse como ejemplo, lo mismo que el de Pavin. Segundo, los que siendo simples depresiones y ensanchamientos del álveo de un gran rio, reciben y dan aguas corrientes; el de Ginebra, que está en el curso del Ródano, el de Constanza atravesado por el Rhin, y otros muchos, entran en esta categoría. Tercero, los que sin recibir aguas corrientes, dan orígen á algun rio, como el de Monte retondo en Córcega, y el de Kiouk-kiol en el Tibet. Cuarto, los que reciben y no dan aguas corrientes, como los mal llamados mares Caspio y Aral, en los que desembocan las grandes arterias del Volga, el Kohur, el Amoun-Deria y otros, y el mar Muerto que recibe las aguas del Jordan. A estas cuatro clases de lagos, hay que añadir una quinta, á la que llamaremos con Huot,

Penilago.—Es aquel cuyas aguas se hallan rodeadas de tierra por todos lados, menos por un boquete natural ó artificial, por donde comunican con el mar; el de Maracaibo en Colombia, y la Albufera de Valencia, son ejemplos que deben citarse: aquel, natural; este obra del hombre.

Laguna-Estanque.—El valor de estas dos palabras viene

á ser igual y significa lo mismo que lago, con la diferencia de ser menor. En Cataluña, Aragon y Valencia, los llaman estanys ó estaños, derivado del latin *stagnum*, el estanque:

Lagunajo ó Lagunazo.—Son los charcos ó pantanos que se forman en los campos con las aguas llovedizas y se secan en verano. En América ocupan extensiones considerables, y pueden mirarse como lagos intermitentes ó accidentales, como el de Jarayas, entre el Paraguay y el rio Cubaya.

Almajal y Charcas.—Así se llaman aquellos sitios en donde las aguas se estancan ó corren poco, dando orígen con frecuencia á depósitos de turba, segun veremos mas adelante.

Almajar.—Es el sitio bajo en las inmediaciones del mar, donde por filtracion se recogen las aguas que forman un pantano; equivale hasta cierto punto al póder de Holanda.

Terminando ya con esto lo que nos proponíamos indicar respecto á la parte de Geografía física y estática que mas directamente interesa á nuestro objeto, estamos ya en el caso de entrar en el

CAPÍTULO II

GEOGRAFIA DINÁMICA Ó CAUSAS ACTUALES

Llamamos Geografía dinámica, ampliando en cierto sentido el significado del adjetivo, á la parte de la ciencia que tiene por objeto el exámen, no solo de las causas ó agentes que actúan sobre el globo, sino tambien de los efectos de esta accion; y como quiera que estos ofrecen la imágen del mas singular proteismo de la superficie terrestre, de ahí el habernos permitido adoptar esta palabra para representarlos.

Los agentes que actúan en el globo determinando estos efectos, son de naturaleza física los unos, y orgánicos los otros. Los primeros, representados por la accion del calor, del agua, y de la atmósfera, pueden llamarse internos y externos, ó bien termo-dinámicos, y aéreo-neptúnicos; los segundos se hallan representados por la accion de los reinos vegetal y animal.

ARTICULO I

CAUSAS ÍGNEAS

La accion del calor, que depende hoy en su mayor parte del centro solar, pero que en otras épocas era debida tambien al estado candente del globo, puede estudiarse en la atmósfera, en las aguas, y en la tierra propiamente dicha.

I.—TEMPERATURA DE LA ATMOSFERA

La temperatura en las regiones medias y altas de la atmósfera debida al calor solar, decrece en razon directa de la altura, aunque no de un modo uniforme en todas las regiones

Este hecho, confirmado por la observacion diaria en los países montañosos, y por los datos suministrados en las diferentes ascensiones aerostáticas, es la causa mas eficaz de la distribucion vertical de los vegetales, y tambien la que determina el límite de las nieves perpetuas.

El decrecimiento se verifica próximamente á razon de un grado por 160 ó 180 metros; siendo las causas que principalmente la modifican, la forma, la naturaleza y disposicion de las montañas, y la exposicion; observándose, que en la falda S. y E. de las Cordilleras, el límite de las nieves perpetuas y el de la vegetacion es mas alto que en el N. y O. El Himalaya ofrece no obstante una anomalía, puesto que en la vertiente meridional descienden las nieves sobre 1,000 metros mas que en la del Norte. La direccion de los vientos monzones explica satisfactoriamente este hecho, segun veremos mas adelante.

Thurman estima el decrecimiento de la temperatura en los Alpes centrales, en 1° por cada 66 metros; y en el Jura de Berna, en 1° por cada 200, opinando que los límites pueden establecerse entre 150 y 250 metros por cada grado de calor.

Los adjuntos cuadros confirman la regla general y la excepcion del Himalaya que se acaba de indicar.

PUNTOS Y OBSERVADORES	LATITUD	Altura del límite en metros	Temperatura media
Cordillera de Bolivia (Pentland).	16° á 17° 3/4 austral.	5,200	1,5
— de Quito (Humboldt).	0° á 1° 1/2 idem. .	4,795	
Volcanes de México (Idem).	19° á 19° 1/4 boreal. .	4,580	
Himalaya (Webb).	»	»	
— pendiente septentrional	30° 3/4 á 31° idem. .	5,000	
— pendiente meridional.	»	3,850	
Etna (Saussure).	37° á 38° idem. .	2,925	
Pirineos (Ramond).	42° 1/2 á 43° idem. .	2,729	} 3,5
Cáucaso (Engelhardt y Parrot).	42° 1/2 á 45° idem. .	3,216	}
Alpes (Saussure).	45° 3/4 á 46° idem. .	2,670	4
Carpatos (Wahlenberg).	49° á 49° 1/4 idem. .	2,592	
Altai.	49° á 51° idem. .	1,950	
Noruega interior (De Buch).	61° á 62° idem. .	1,690	6
Idem.	67° á 67° 1/4 idem. .	1,180	
Idem.	70° á 70° 1/4 idem. .	1,060	6
Costa.	71° 1/2 á 71° 1/4 idem .	714	

REGION	LATITUD	Ultimos árboles y arbustos	Distancia vertical entre el límite de las nieves y el superior de los vegetales	Distancia vertical entre el límite de las nieves y el superior de los árboles
			Metros	Metros
Laponia	67° ½ á 70°	Betula alba, Rhododendron lapponicum	585	877 ½
Noruega	61°	Betula alba y nata, salix glauca	586	1014
Carpatos	49° 10′	Pinus abies, y Pumilio	1112	762
Alpes suizos septentrionales	45° ¾ á 46° ½	Pinus abies, Rhododendron ferrugineum	877 ½	1361
— meridionales	45° ¾ á 16° ½	Pinus larix	586	»
Pirineos franceses	42° ¾	Pinus silvestris, v, rubra y uncinatus	448 ½	»
Apeninos	42° á 43°	Fagus Sylvatica	1072 ½	»
Etna	37° 30″	Idem	1267 ½	»
Cáucaso	42° ½	Betula alba, Rhododendron caucasicum	1267	1238
Ararat	39° 12″	Betula	1755	»
Tenerife	28°	Pinus canariensis	586	»
México	20°	Pinus occidentalis	682 ½	»
Andes de Quito	0°	Escallonia, Alstoma	1267 ½	1657 ½

La temperatura de las regiones bajas y del suelo depende hoy casi exclusivamente de la accion solar, ya que la del globo apenas ejerce sobre la superficie accion alguna; no alcanzando quizás $^1/_{30}$ de grado. En estas regiones bajas concurren muchas circunstancias que favorecen el aumento del calor, siendo las principales, su mayor densidad, la acumulacion de vapor de agua y ácido carbónico, todo lo cual, oponiéndose á la irradiacion, hace que la temperatura sea mas alta en dichas regiones bajas.

La diferente inclinacion con que los rayos solares llegan á la tierra, es lo que principalmente determina el grado de calor, ó la temperatura de las diferentes regiones; siquiera existan muchas causas generales y locales, que tienden á modificar la influencia de la latitud.

Entre dichas causas modificadoras, debemos mencionar la altitud por la ley del decrecimiento que acabamos de indicar; las relaciones entre continentes y mares, la mayor ó menor distancia á estos, cuya tendencia es á moderar los extremos de temperatura, por efecto de la evaporacion; la regularidad ó desigualdad de terrenos, y colores dominantes de sus materiales; la existencia ó falta de grandes bosques, y lo que es consiguiente, el estado higrométrico medio de la atmósfera, donde aquellos abundan ó escasean; la presencia de grandes lagos y de corrientes líquidas, y hasta de masas de nieve perpetua; todo esto puede contribuir á modificar mas ó menos profundamente la accion de la latitud, notándose por esta misma razon, que en dos puntos igualmente distantes del polo y del ecuador, no se disfruta de la misma temperatura.

Llámanse isotermas de *isos*, igual, y *termos*, calor, las líneas mas ó menos regulares ó sinuosas, que en un mismo hemisferio, marcan igual temperatura media ánua.

Líneas isoteras é isoquimenas son: aquella, la de temperatura máxima ó estival, y ésta, la mínima ó invernal.

Línea iso-atmoterma: considerada la atmósfera dividida en capas, se comprende la posibilidad de que haya en ella superficies de temperatura media igual; y de aquí el nombre de línea ó superficie iso-atmoterma. Estas superficies pudieron ser en el orígen del globo, y durante largos períodos de su historia, cuando el calor propio de la tierra se dejaba sentir con mas ó menos intensidad al exterior, paralelas con dicha superficie terrestre; pero mas tarde cuando por la interposicion de la costra sólida, era de cada dia menor la influencia de la temperatura propia del globo, perdióse dicho paralelismo, é inclinándose las líneas hácia la tierra, llegaron á encontrar en diferentes puntos á la misma superficie terrestre, originándose de aquí las líneas isotermas terrestres. Las figuras 4 y 5 explicarán cuanto acabamos de indicar.

Explicacion de las figuras.—La A A representa la superficie del globo, las a b c d, son las iso-atmotermas paralelas próximamente en su orígen con aquella, si bien inclinándose hácia los polos; cuando por consecuencia de este movimiento llegaron á contactar la tierra, como indica la otra figura, han aparecido las líneas isotermas, sometidas estas y aquellas á todas las causas modificadoras que mas arriba apuntamos.

Ecuador termal.—Es la línea que enlaza todos los puntos del globo, cuya temperatura media alcanza el máximum; esta línea pasa algo al Norte del ecuador geográfico en las tierras, y mas comunmente hácia el Sur, en los mares.

Polos de frio.—Así se han llamado por Berghaus dos puntos del hemisferio boreal, el uno en el Norte de América, hácia el 74° 30′ de latitud, y 38 de longitud occidental, cuya temperatura media es de —19,7; el otro se encuentra á 78° 30 de latitud y á 128° 30′ de longitud oriental, cuya temperatura media es —17° 2′; suponiendo aquel ilustre geógrafo que el polo geográfico no alcanza una temperatura tan baja, por eso llama polos de frio á los dos indicados; si bien hay bastantes motivos para creer que la Siberia ofrezca temperaturas mas bajas que el Norte de América.

Todos estos y muchos otros datos de Física terrestre, debidos á la poderosa iniciativa de Humboldt, y de otros eminentes naturalistas, han servido y aun sirven para determinar la importante cuestion de los climas; que pueden definirse diciendo, que son el temperamento de una region dada, circunscrita por dos líneas isotermas contiguas en un mismo hemisferio, determinado por los rayos solares y el calor propio de la tierra; modificada su accion por todas las circunstancias que acaban de indicarse.

Clasificacion de los climas.—Generalmente hablando, en cada hemisferio se admiten siete climas, á saber:

1.° Tórrido.	Línea isoterma de	25° 5′ á	25°
2.° Cálido	»	25 á	20
3.° Suave	»	20 á	15
4.° Templado	»	15 á	10
5.° Frio	»	10 á	5
6.° Muy frio	»	5 á	0
7.° Glacial	»	0 á	—10

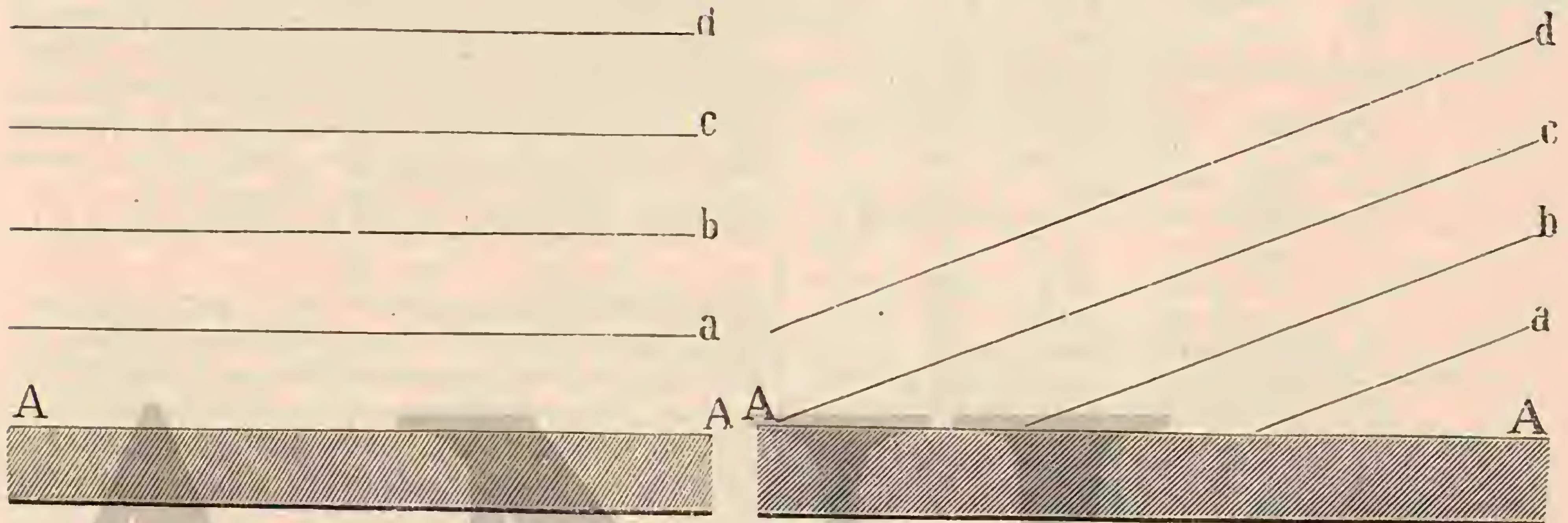
Cada uno de estos se divide en constante, variado y extremado. Llámase constante cuando la diferencia entre la máxima y la mínima de calor no excede de 8°; variable cuando llega á 20 y extremado el que ofrece una diferencia de 30°.

Véase el siguiente cuadro.

			Media anual	Máx.	Mín.	Diferenc.
Climas.	Constante. .	Funchal. (Madera)	20°3′	24°2′	17°2′	7°
	Variable. .	S. Malo..	12 3	19 4	5 4	14
		Paris. . .	10 8	18 5	2 3	16
		Lóndres.	10 2	18 0	3 2	15 8″
	Extremado..	N.-York.	12 1	27 1	—3 7	30 8′
		Pekin. . .	12 7	29 1	—4 1	33 2

Segun las observaciones de Pentland, el hemisferio austral es mas frio que el boreal; es decir, que en latitudes iguales no se observa la misma sino inferior temperatura, respecto del otro hemisferio. Esto es tanto mas de extrañar, cuanto que la desproporcion entre los mares y las tierras es mucho mayor en el hemisferio austral que en el boreal, debiendo buscar en otra causa la explicacion del hecho; causa que, segun mas detalladamente veremos al tratar del terreno cuaternario, han querido encontrar algunos en la precesion de los equinoccios.

Aunque sea bastante difícil establecer reglas ó principios fijos respecto á la temperatura de la atmósfera, y con mas razon aun cuando se trata de los espacios celestes, pues á lo variable de este agente, se agrega la dificultad suma de hacer buenas observaciones; sin embargo, segun Arago, en latitudes templadas, las variaciones termométricas no suelen exceder de 20° á 25° sobre la temperatura media.



Figs. 4 y 5.— Líneas atmotermas

En ningun punto del globo, el termómetro colocado á dos ó tres metros del suelo, y resguardado de la reflexion, pasa de 46°: tampoco excede de 31°, por término medio, la temperatura de las capas bajas de la atmósfera en el Océano, y la mínima, observada con el termómetro suspendido, es de —50°; de donde es fácil deducir, que el calor de la superficie actual del globo oscila entre la máxima y la mínima dentro de los 100°.

Respecto de la temperatura de los espacios celestes, á falta de observaciones directas, se ha recurrido al cálculo, que por cierto no ha dado gran uniformidad en sus resultados; pues mientras Poisson estima la media en 13°; Fouvrier obtuvo —50 ó 60°, y Pouillet —142°.

De todo lo cual, fácil es deducir lo falible de toda prediccion de tiempo; hallándose por desgracia la Meteorología en su infancia para obtener resultados positivos; debiendo considerar todo lo que á esta parte del calendario ó almanaque se refiere, hijo de buenos deseos, cuando no del afan de embaucar al inconsciente vulgo.

II.—TEMPERATURA DE LAS AGUAS

La temperatura de las aguas puede apreciarse en el punto de salida del interior, ó sea en los manantiales, en las depresiones terrestres llamadas lagos, y por último en los mares.

Temperatura de los manantiales.—El diferente grado de calor que acusan las aguas en su nacimiento, depende de muchas causas, siendo las principales, la profundidad de donde proceden, por la inmediacion á la pirosfera terrestre, circunstancia casi siempre confirmada por la grande inclinacion de los bancos ó estratos de los terrenos próximos á los manantiales, cuando estos pertenecen á la categoría de termales por su elevada temperatura; no siendo raro observar en una misma localidad aguas calientes, y templadas ó frias, como sucede por ejemplo en Villavieja (provincia de Castellon), donde las aguas medicinales de temperatura bastante elevada proceden de la Sierra de Espadan, que, segun mas adelante veremos, pertenece al terreno triásico, cuyas capas están muy inclinadas, al paso que las aguas naturales que sirven para el abasto de la poblacion, son templadas, y á veces hasta frias; porque en su marcha subterránea solo recorren los materiales del terreno cuaternario y quizás tambien del terciario, que ocupa toda la plana.

Otra causa de la termalidad de las aguas, la encontraremos tambien en la presion que ejercen ó sufren al chocar en su marcha subterránea con las desigualdades que ofrecen las paredes de los conductos por donde circulan; pues es sabido, que la presion desarrolla siempre ó, como hoy se dice, se trasforma en calor. Agréguese á esto la poca conductibilidad de los materiales terrestres á través de los cuales salen las aguas del interior, y se tendrá una idea de la diferente temperatura que ofrecen en los manantiales.

Recientemente Lecoq en una obra (1) á la que con frecuencia tendremos que recurrir para explicar satisfactoriamente muchos hechos de la Física terrestre, hace la distincion entre las fuentes ó manantiales comunes, y los minerales, fundándola principalmente en que estos últimos arrancan de

(1) *Les eaux minerales.*

la zona de reaccion química terrestre; al paso que las otras no llegan á dicha profundidad, y de aquí las diferentes cualidades de dichas aguas, entre las cuales la mayor temperatura es la mas aparente. Daremos mas amplios detalles acerca de este asunto, en lugar oportuno, donde se hará ver la influencia poderosa que en todas épocas ha ejercido el agua, así á la superficie, como en el fondo de la tierra.

Temperatura de los lagos.—Respecto á las aguas estancadas ó de los lagos, se observa un hecho muy curioso que podriamos llamar providencial; pues mientras la superficie puede llegar á congelarse, las capas medias y las inferiores ofrecen una temperatura casi constante. El siguiente cuadro confirma este hecho.

OBSERVADORES	LAGOS	Temperatura media al exterior	Temperatura en el fondo	Profundidad en piés
Saussure.	Ginebra.	5,0	5,4	950
	De id.	21,2	6,1	150
	— Thun.	19,0	5,0	350
	— Brientz.	19,4	4,8	500
	— Lucerna.	20,3	4,9	600
	— Constanza.	18,1	4,3	370
	— Mayor.	25,0	6,7	335
	— Neufchatel.	23,1	5,0	325
	— Bienne.	20,7	6,9	217
	— Annecy.	14,4	5,6	163
	— Bourget.	17,9	5,6	240
Labeche.	— Thun.	15,55	5,27	630
	— Zug.	14,44	5,0	38

La razon del singular hecho que acabamos de indicar, relativo á la diferente distribucion del calor en las aguas, consiste en que el agua comun no alcanza su máxima densidad al 0 sino al 4°, de donde resulta que cuando la temperatura exterior llega á dichos cuatro grados, haciéndose la capa superficial mas pesada, va al fondo del lago ó recipiente que la contiene; si la temperatura permanece algun tiempo á 4°, todas las capas que sucesivamente ocupan la superficie participan del grado de calor que determina su mayor densidad; buscando, como es consiguiente, el fondo, siquiera colocándose encima de las que anteriormente bajaron. Si establecido ya este equilibrio entre todas las capas líquidas, desciende la columna termométrica hasta 0, no pudiendo descender la capa superficial por ser mas ligera, sufre los efectos de la temperatura hasta congelarse; operacion que empieza simultánea ó sucesivamente en diferentes puntos de la superficie líquida, de los cuales parten gran número de irradiaciones de bellos cristales, pertenecientes al sistema romboédrico, hasta que, entrelazándose unas con otras, llegan á constituir una capa que cubre toda la extension del lago, aumentando en espesor en razon directa del descenso de temperatura, llegando hasta algunos decímetros y á mas de un metro de grueso, permaneciendo el resto del agua en estado líquido y á una temperatura bastante uniforme.

En cuanto á la temperatura de las aguas del mar, difiere bastante de lo que acabamos de referir respecto de los lagos, en razon á que la densidad crece en aquella á medida que la temperatura desciende hasta el límite de la congelacion; no empezando á dilatarse sino desde que adquiere el estado sólido; habiendo observado el célebre físico Despretz que en condiciones ordinarias el agua del mar se congela á — 2,°5, pudiendo permanecer líquida cuando hay tranquilidad perfecta hasta — 3°; el Sr. Sabine, en grandes profundidades, donde la presion es considerable y la calma absoluta, ha encontrado temperaturas de — 3°,47 en el agua líquida, pudiendo creer en este caso que la congelacion se verificaria á — 3°,9.

De lo anteriormente expuesto se deduce que, no solo el procedimiento de congelacion es distinto en las aguas de los mares y en las de los lagos, sino que la distribucion del calor es tambien diferente; pudiendo establecer como tésis general que en todos los mares la temperatura disminuye mas ó menos rápidamente, á partir de la superficie, llegando en algunos puntos hasta la congelacion, como ha observado Edlund en el fondo de las aguas de las costas de Noruega; Carpenter indica varios puntos entre Escocia y las islas Feroe, en que, á partir de 900 metros, la temperatura oscila entre 0°,94,0° y — 1°,33; por último, el Sr. Shortland encontró entre Aden y Bombay, á 3,300 metros de profundidad, 0°,83, marcando el termómetro á la superficie de las aguas 23°,8.

Aunque la temperatura de las aguas por regla general sea mas uniforme que la de la atmósfera, nótanse, sin embargo, en casi todos los mares grandes irregularidades; como se justifica, por ejemplo, el que á latitud igual las aguas del hemisferio Sur son mas frias que las del Norte; á 1,700 metros de profundidad, la temperatura media del Atlántico es de 5°, y en el Pacífico de 3°; segun Coupent Desbois, el descenso de temperatura en relacion con la profundidad es menor á medida que se avanza hácia el polo austral, siendo mas pronunciada en las capas profundas. Varias causas contribuyen á determinar estas irregularidades, debiendo citar entre otras las corrientes, que son cálidas, templadas ó frias, segun su procedencia, como mas adelante se demostrará, influyendo en algunos mares circunstancias propias que explican ciertas anomalías, tales como la que presenta el Mediterráneo, cuyas aguas no ofrecen sino en casos muy excepcionales temperaturas inferiores á 12°, cualquiera que sea la profundidad en que se observe este hecho, relacionado probablemente con la corriente cálida que, partiendo del Atlántico, pasa por el Estrecho de Gibraltar, cuyo fondo se encuentra á mas de 900 metros.

III.—TEMPERATURA DE LAS TIERRAS

La temperatura en la costra sólida del globo oscila á partir de la superficie dentro de ciertos límites, hasta llegar á una capa donde el termómetro no experimenta alteracion alguna; por cuya razon se llama zona de temperatura constante. La profundidad de esta zona es variable por multitud de circunstancias: en Madrid, segun el Sr. Rico Sinovas, se observa entre los 25 y 30 metros de profundidad.

A partir de la zona constante ó fija, se nota un hecho de la mayor trascendencia, que consiste en el aumento gradual y mas ó menos regular del calor, de un grado por cada 30 ó 33 metros. Este hecho, confirmado por multitud de observaciones practicadas principalmente en las minas, en las cavidades naturales ó grutas, y tambien en las aguas artesianas, es de la mayor trascendencia, por reconocer como causa, segun el comun sentir de los geólogos, la existencia en el fondo de la tierra de un inmenso foco de calor, resto de lo que fué en su orígen el globo terrestre. Si el aumento gradual es constante, podrá apreciarse el calor del centro del globo teniendo en cuenta la extension del radio terrestre. A pesar de esto y de no tener la costra sólida externa mas allá de unas quince leguas españolas de grueso, el calor propio de la tierra apenas se deja sentir hoy en la superficie; lo cual se explica perfectamente por la mala conductibilidad de las rocas por el calor.

Líneas ó espacios isogeotermos.—Llámanse así á los que en el interior del globo reunen ó enlazan aquellos puntos cuya temperatura es constante á semejanza de las isotermas al

exterior. Todas las líneas isogeotermas son paralelas, exceptuando las inmediatas á la superficie, por efecto de causas allí existentes que las modifican hasta cierto punto.

En los tiempos históricos, estas líneas representan una figura cerrada, análoga al elipsoide terrestre, siquiera mas pronunciada, como se desprende del resultado de observaciones y cálculos que llevan á 1,425 metros de profundidad en los polos, la isogeoterma 27°,5' que se encuentra, segun Humboldt, en el Ecuador, casi á la superficie.

El fondo del globo, donde se supone con bastante fundamento hallarse flúida su masa, se llama Piroesfera terrestre.

El aumento de temperatura sigue una ley análoga á la que preside la conductibilidad del calor en una barra de metal sometida á elevadas temperaturas por uno de sus extremos. En este caso, como dice Vezian, las distancias al foco de calor crecen en progresion aritmética; mientras los excedentes de calor ó sea el que la barra de hierro comunica á la atmósfera, disminuyen segun progresion geométrica.

El adjunto cuadro y dibujo pondrán en claro esta idea, que deberá quizás modificarse algun tanto, en razon á que la figura terrestre, cuyo foco termal se halla encerrado por su propia costra sólida, no es la de una barra de hierro.

CRECIMIENTO DE LA TEMPERATURA
EN EL INTERIOR DEL GLOBO

SEGUN PROGRESION ARITMÉTICA, CUYA RAZON ES 30			SEGUN PROGRESION GEOMÉTRICA, CUYA RAZON ES 1,15	
Profundidad en kilómetros	Temperatura correspondiente	Puntos de fusion y de volatilizacion de diferentes sustancias	Temperatura correspondiente	Puntos de fusion y de volatilizacion de diferentes sustancias
1	30		30	
2	60	*Bromo.* — Fósforo.	35	
3	90	*Agua.* — Sodio.	40	
4	120	Azufre.	46	Fósforo
5	150		53	
6	180	*Yodo.*	61	*Bromo*
7	210		70	
8	240	Estaño.	80	
9	270	Bismuto.	92	*Agua.* — Sodio
10	300	*Fósforo.*	106	Azufre. — Yodo
11	330	Plomo.	122	
12	360	*Mercurio.*	140	
13	390	*Azufre.*	161	
14	420		185	*Yodo*
15	450	Antimonio.	213	Estaño
16	480		245	Bismuto
17	510	Zinc.	282	*Fósforo*
18	540		324	Plomo, *mercurio*
19	570		373	
20	600	*Plomo.*	429	*Azufre.* — Antimonio
21	630		493	*Zinc*
22	660		567	*Plomo*
23	690	Arsénico. — *Arsénico.*	652	
24	720		750	Arsénico. — *Arsénico*
25	750		863	
26	780		993	Plata, fund.on blanca
27	810		1142	*Zinc, estaño,* oro
28	840		1313	Granito
29	870		1510	Hierro, manganeso
30	900		1737	*Plata*
35	1050	*Plata,* fund.on blanca	3466	
40	1200	*Zinc, estaño,* oro.		
45	1350	Granito.		
50	1500	Hierro, manganeso.		
55	1650	*Plata.*		

NOTA.—Las palabras de cursiva del cuadro anterior denotan el punto de volatilizacion en estas valuaciones aproximadas; las otras el de fusion.

ESCALA DE LAS LÍNEAS ISOGEOTERMAS SEGUN

PROGRESION ARITMÉTICA — PROGRESION GEOMÉTRICA

En los tiempos históricos, siquiera haya de remontarse á muchos mas siglos de lo que se creia, la influencia del calor propio de la tierra sobre la superficie, puede asegurarse que no ha variado, segun se desprende de las observaciones astronómicas y de los datos que suministra la estadística vegetal comparada; pero en tiempos anteriores, la intensidad y distribucion del calor terrestre ha sido muy distinta, segun lo prueba entre otras muchas razones la especial índole de las Faunas y Floras que se han sucedido en la historia de nuestro planeta, ya que los vegetales y animales que las representan forzosamente tenian que adaptarse á las condiciones biológicas de la tierra, entre las cuales no es ciertamente la temperatura la que menor influencia ejerce. Al trazar la historia de los diferentes terrenos equivalentes á las épocas de la historia de nuestro planeta, se verá confirmada esta verdad; en la cual se fundaba tambien el eminente Lecoq para admitir la division cronológica de los climas, en *terrestres*,

como consecuencia del calor propio de la tierra; *mixtos*, debidos á la accion combinada del calor central y solar, y por último, climas *solares*, que son los actuales, remontando su orígen hasta los terrenos terciarios donde principia, por decirlo así, la vida actual; cuyas especiales condiciones son hijas de la exclusiva accion de los rayos del sol, modificada por las causas generales y locales que en lugar oportuno indicamos.

Segun el Dr. Vezian, los fenómenos cuyo asiento, si no la causa única, reside en el interior del globo, son:

1.° Eruptivos (plutonismo y volcanismo), consistentes en la aparicion al exterior, al través de las grietas terrestres, de la materia pirosférica en estado pastoso ígneo.

2.° Hidrotermales (geiseres, macalubas, fuentes termales, filones metalíferos, etc.), que se manifiestan ó son resultado de la accion del agua á temperaturas mas ó menos elevadas y á grandes presiones.

3.° Metamórficos, ó sean cambios que las corrientes eruptivas é hidrotermales imprimen á las rocas que encuentran á su paso.

4.° Seísmicos, representados por oscilaciones bruscas y pasajeras del suelo, ó lo que en otros términos se llaman terremotos.

A estos cuatro grupos de fenómenos, debidos al estado del interior del globo, creo debiera agregarse un quinto, con la denominacion de oscilaciones lentas de los continentes, siendo la movilidad general de la costra terrestre una de las pruebas que, asociada al aumento de calor, segun acaba de indicarse, la forma y densidad de la tierra y los fenómenos eruptivos, llevan al ánimo el convencimiento de la existencia en el interior del globo de un inmenso foco de calor que constituye lo que se llama la pirosfera terrestre, resto de lo que en su orígen hubo de ser toda la masa del globo.

Entrar ahora á discutir y quilatar el valor de las diferentes teorías para darse razon del verdadero orígen de este calor y de la distribucion que en la historia terrestre ha tenido, y de otros puntos relacionados con el calor propio del globo, seria apartarnos demasiado de nuestro propósito; debiendo por consiguiente limitarnos á exponer los hechos mas culminantes que con dicho agente se relacionan, como el efecto á la causa. De estos hechos geológicos ó terrestres, los que de un modo mas inmediato y á nuestro alcance pueden demostrar la verdad de todo cuanto acabamos de exponer, son los que genéricamente hablando reciben el nombre de

Volcanismo: ingeniosa y atinada frase de Humboldt, que representa la reaccion del interior ígneo de todo planeta y de consiguiente de la tierra, y de los satélites, como por ejemplo la Luna, contra su exterior, mas ó menos consolidado.

El volcanismo se da á conocer por una serie de manifestaciones mas ó menos enérgicas y casi siempre enlazadas unas con otras; de las cuales unas se caracterizan por la aparicion al exterior de materiales subterráneos; y las otras por movimientos ó sacudidas rápidas y pasajeras como los terremotos, ó lentas y paulatinas, y son las oscilaciones de los continentes. Estas manifestaciones de la actividad terrestre han debido experimentarse en toda la larga serie de edades que caracterizan la historia del globo desde que empezó á formarse la costra sólida; dejando indeleblemente impresas las huellas de esta accion en la superficie, tanto con la salida de materiales del interior cuanto en los violentos ó suaves movimientos terrestres; formando todo ello una serie no interrumpida de sucesos importantes que empieza con la formacion del primer granito eruptivo, continuó en los levantamientos y dislocaciones terrestres, en el metamorfismo de las rocas, en la formacion de minerales nuevos, etc., y sigue aun hoy actuando con la aparicion de la lava y demás materiales eruptivos, con la frecuente repeticion de terremotos y oscilaciones lentas de los continentes, fenómenos que solo dejarán de existir el dia, por fortuna aun muy remoto, en que se agote ese inmenso foco de calor, del que depende en gran parte la actividad, por algunos llamada vida terrestre.

Los geólogos, no obstante la continuidad de la serie de estas actividades terrestres, la dividen en dos grupos, llamando al primero plutonismo, y al segundo volcanismo; del cual nos vamos ahora á ocupar para que nos sirva de introduccion natural al estudio de lo que ocurrió en otros tiempos, ya que el agente fué el mismo que actúa hoy.

Las manifestaciones del volcanismo unas veces se dan á conocer, como queda ya indicado, por la aparicion de materiales del interior; y otras por movimientos bruscos (terremotos), ó lentos (oscilaciones de los continentes); ahora bien, como en tésis general, las aberturas que comunicando con el interior de la tierra dan ó facilitan la salida al exterior de materiales en diferentes estados, se llaman Volcanes, y á la salida mas ó menos impetuosa de dichos materiales, se la designa con el nombre de Erupcion, de aquí el tener que ocuparnos en primer término de Volcanes y de Erupciones.

Volcan.—Es una abertura terrestre por donde salen ó aparecieron en los momentos de paroxismo en las erupciones, materiales gaseosos, líquidos y sólidos, del interior de la tierra.

Con frecuencia la acumulacion de materiales alrededor de la boca de salida, produce amontonamientos generalmente cónicos, truncada la cima por una cavidad tambien cónica, pero inversa, que se llama cráter. Tampoco es raro el que preceda á esta acumulacion de materiales alrededor del cráter, el levantamiento del terreno, sea ó no volcánico, á través del cual aparecen dichos materiales.

Las figuras números 6 y 7, que representan la primera la Somma antes de la erupcion del Vesubio, y la segunda este volcan despues de la erupcion del año 79 de nuestra era, en que aparece un cono rodeado del circo que constituye la Somma, separado por un valle casi circular, que es á lo que los italianos llaman el Atrio del Caballo, justifican estos dos hechos, ya que, segun he visto, allí hay levantamiento y acumulacion de materiales en torno del cráter.

Partes de todo volcan. — Así constituido el monte cónico truncado que se llama Volcan, debe considerarse en él, 1.° el foco donde se hallan, digámoslo así, concentradas las fuerzas volcánicas y los materiales que arrojan al exterior durante las erupciones; 2.° la chimenea ó sea conducto mas ó menos tortuoso que establece la comunicacion entre el foco y el cráter, cavidad en forma de embudo, estrecha hácia abajo y mas ancha hácia arriba, constituyendo los bordes del mismo.

Los habitantes de Canarias llaman caldera al cráter.

Con bastante frecuencia los volcanes presentan mas de un cráter; como sucedia en el Vesubio que tenia dos, y el Etna tres, cuando los visité en 1852, y sin embargo, el Vesubio en tiempos anteriores no tenia mas que uno. El Cotopaxi, que puede considerarse como tipo de cono volcánico, solo parece poseer un cráter. Merced á la incesante accion de los agentes terrestres, el número de cráteres es tan variable en los volcanes como su forma y demás accidentes, pudiendo considerarse como la imágen fiel del proteismo terrestre.

Clasificacion de los Volcanes. — Segun los materiales que arrojan ó han arrojado en otros tiempos, llámanse traquíticos, basálticos, lávicos, cenagosos ó macalubas, y geiseres: segun su estado en los tiempos históricos se denominan ac-

tivos, apagados, y mixtos ó azufrales (solfatara en italiano): regulares ó intermitentes, é irregulares, segun los períodos que median entre una y otra erupcion. Por regla general, cuanta mayor altura alcanza un volcan tanto mas largo es el intervalo que separa una erupcion de otra; como se observa en el Pichincha, Cotopaxi, y Antisana en América, cuyas erupciones pueden llamarse seculares por el espacio de tiempo que media de una á otra; mientras el de Stromboli, y el de la Boca del Diablo, en el lago de Nicaragua, cuya altitud no excede de 700 metros, se hallan en erupcion casi continua, no excediendo los intervalos de una á otra de media hora, segun observé en Stromboli en 1852 y 53.

Llámanse tambien submarinos los que han surgido del interior del mar; otros insulares como el ya citado de Stromboli, el de la isla de Barren en el golfo de Bengala y todos los grupos volcánicos del Pacífico, Atlántico y demás mares. Los hay litorales, como el Vesubio en la costa de Nápoles, el Etna en Sicilia, el Hecla en Islandia, inmediato á la costa



Fig. 6.—La Somma antes del primer siglo

meridional de dicha isla, y muchos otros en todas las costas de los continentes. Los hay tambien, aunque no tan comunes, esencialmente continentales, como se observan en las Montañas Celestes ó de Tianthchan, donde figuran los montes volcánicos llamados Pechant y Tourfant. En el interior de la China existen tambien volcanes esencialmente conti-



Fig. 7.—El Vesubio despues de la erupcion del año 79

nentales, por la distancia que les separa del mar mas próximo. Por último, preséntanse los volcanes unas veces aislados, otras agrupados, y tambien alineados. La analogía de distribucion de los volcanes y las montañas es de la mayor importancia, por cuanto parece indicar ser estas y aquellos resultado de una misma causa; ó sea la actividad del interior de la tierra. Despues de estas consideraciones generales, conviene que digamos algo acerca de las erupciones, por cuya palabra se entiende el variado conjunto de fenómenos, que un volcan en accion ofrece al estudio y admiracion del que tiene la fortuna de presenciar estas operaciones terrestres, á las que los italianos, con esa viveza de ingenio y elegancia de estilo que los distingue, caracterizan con gran precision, llamándolas *il bello horrido*, y tienen razon; porque una erupcion vista de cerca tiene tanto de espantable y horrible, como de sublime y encantador; constituyendo uno de de estos hechos naturales que es menester haber visto para saber lo que son.

Mecanismo de las erupciones. — Anúncianse estas en general por ciertos fenómenos que pueden llamarse precursores; siquiera no haya ninguno que anuncie con tanta certidumbre una erupcion próxima, que podamos asegurar que va esta á verificarse, por haberla precedido el fenómeno siempre precursor. Figuran entre estos los terremotos, casi siempre locales ó circunscritos á la comarca en que va á verificarse la erupcion; aunque algunas veces lleguen á ser gene-

rales, como sucedió en el terremoto que en 20 de agosto de 1852 destruyó gran parte de Santiago de Cuba, cuatro horas antes de empezar la famosa erupcion del Etna, que tuve el gusto de estudiar; debiendo añadir, para que no se crea que aquel fué un hecho aislado, que cuantas veces se abrieron bocas nuevas en el Etna, otras tantas se reproducian los estragos en nuestra Antilla.

Suelen secarse los manantiales si existen en las inmediaciones del volcan; bien por la evaporacion que determina la masa candente de la lava allí próxima, ó por efecto de dislocaciones en el terreno, producidas por los terremotos.

Tampoco es raro observar, sobre todo en el Vesubio, donde confirmé en 1852 el hecho ya citado por otros autores, de anunciarse la erupcion por verdaderas nubes de insectos que revolotean alrededor del cráter: hecho tanto mas extraño cuanto que los pobres animalillos no van allí sino en busca de una muerte segura, ya que el Vesubio, como los demás volcanes activos y sobre todo en erupcion, no puede ofrecer sino emanaciones deletéreas que esparcen la muerte hasta donde su letal influencia alcanza, de cuya maléfica accion suele participar á veces el hombre. Pero aunque no sea fácil encontrar la relacion de causa á efecto entre la presencia de los insectos y una erupcion próxima, y sin que pretendamos tampoco generalizar demasiado el hecho, tratándose del Vesubio, puedo asegurar que es una verdad (1).

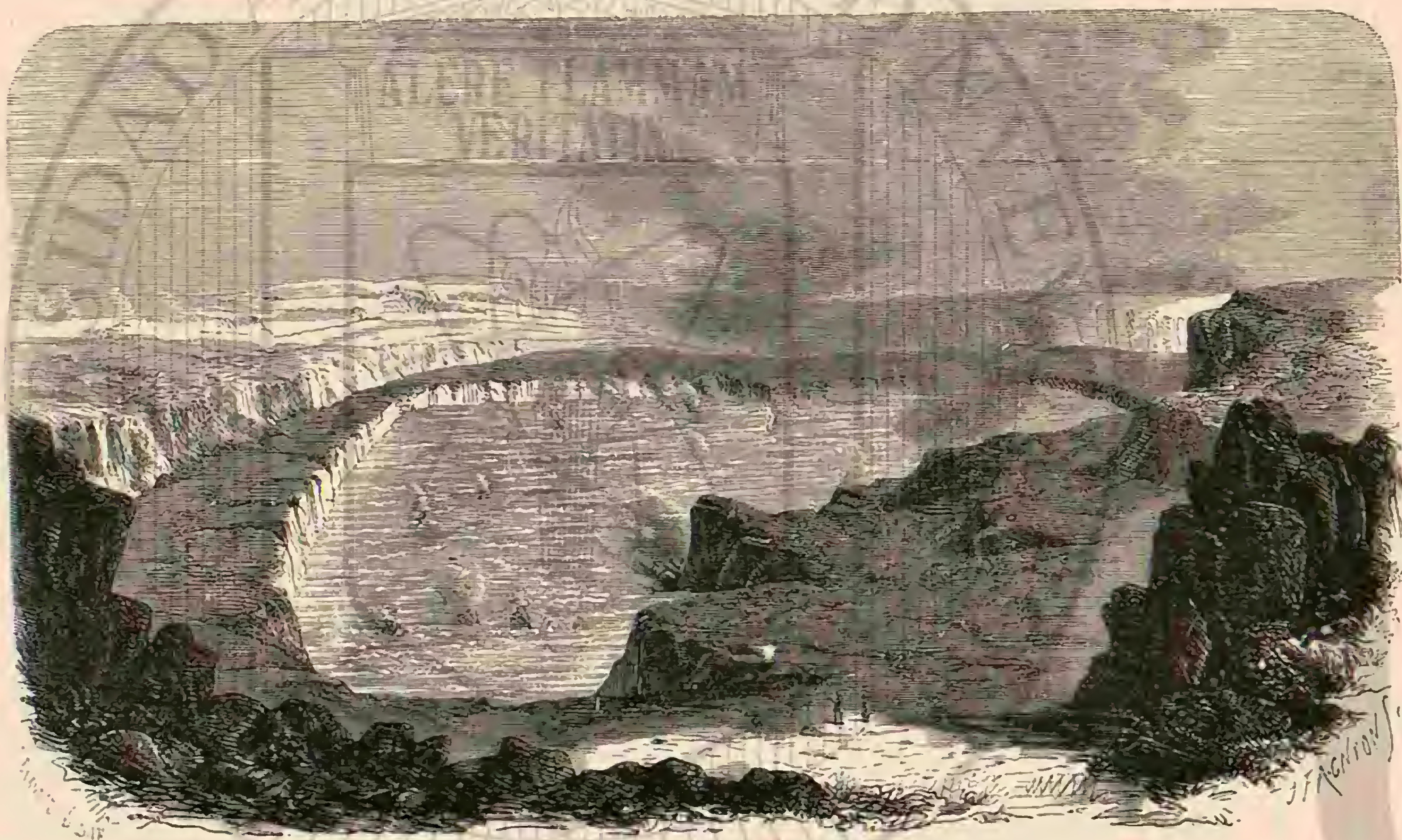


Fig. 8.—El Kilauea (cráter del volcan de Hawahi)

La columna de vapor que, siquiera en proporciones muy variadas, sale siempre del cráter principal de todo volcan activo, aumenta á veces de un modo considerable, cuando la erupcion está próxima, y no solo aumenta en cantidad sino que toma á veces aspectos muy curiosos; siendo bastante comun el que imite una especie de pino implantado sobre el cráter; la ilusion es completa cuando reina gran calma en la atmósfera; pues la columna de vapor permanece vertical formando con frecuencia tambien nubes circulares que van dilatándose á medida que se apartan de la tierra. Por cierto que los habitantes de regiones volcánicas se han servido y aun se sirven, los de Stromboli por ejemplo, de la direccion de la corriente de vapor que se escapa de su cráter, de la intensidad con que sale y de otras circuntancias que la experiencia les hace apreciar, como para predecir el tiempo, siendo bastante autorizada la opinion de que el dios Eolo ó de los vientos fué un antiguo habitante de dicha isla, que sabiendo sacar partido de estos fenómenos naturales, logró que sus contemporáneos le miraran como un sér superior.

Por último, pueden considerarse como síntomas precursores de la erupcion ya próxima, las exhalaciones eléctricas que procedentes del interior del cráter cruzan en todos sentidos la columna de vapor, dando cierto aspecto siniestro á dicha operacion terrestre, la cual puede en rigor decirse que principia de lleno con la salida impetuosa de fragmentos de distintos tamaños de lava candente arrojados á mayor ó menor altura.

La erupcion casi siempre principia por el cráter central, por cuyo borde suele aparecer á veces la lava en estado líquido ó pastoso, y derramándose por la pendiente del volcan, lleva la destruccion á todas partes. Tal es lo que sucedió en la famosa erupcion del Vesubio en 1794, cuya corriente salvó en dos horas el espacio que media entre el borde del cráter y el mar; destruyendo á su paso el pueblo de la Torre del Greco, haciendo retirar las aguas del golfo mas de 150 metros; la ola que se formó despues, obrando impetuosamente contra la costa, acabó de arruinar lo poco que quedaba en pié de aquella desdichada villa. En la erupcion del Etna de 1838, segun relacion de un testigo presencial (2), el cráter grande, de los tres que tiene, fué rellenándose de lava de abajo arriba, hasta que encontrando antes de llegar al borde un punto de menor resistencia, rompió por allí, y corriendo como un manantial, llegó hasta cerca de Bronte. Otras veces anúnciase el comienzo de la erupcion por la salida mas ó

(1) En el Anuario del Observatorio del Vesubio se han publicado sobre este singular hecho datos por demás curiosos.

(2) El Dr. Gemellaro, de Catania, de cuyos labios oí la relacion del suceso.

menos violenta de la lava, pastosa y enrojecida, arrojada á grandes alturas por la fuerza explosiva del volcan, dando orígen al consolidarse á lo que por la forma especial que ofrecen, llaman los italianos, lágrimas y bombas volcánicas; de las que recogí algunas junto al cráter del Vesubio y del Etna. Estas primeras operaciones suelen durar algunas horas, uno ó mas dias; trascurridos los cuales, todo el aparato eruptivo se establece en las faldas del volcan, en aquellos puntos generalmente alineados, por donde las paredes del cráter ofrecen menor resistencia, cediendo á la enorme presion que ejerce la columna de lava que procede del foco volcánico. En la erupcion del Etna antes citada, despues de los primeros síntomas que pudieron observarse en el cráter principal, abrióse una grieta en lo alto del llamado Valle del Bove. A las 24 horas cesó dicha grieta de funcionar, abriéndose otra mas abajo, la cual á su vez se apagó tambien á los dos ó tres dias, estableciéndose definitivamente todo el aparato en el fondo del citado valle. Allí, asomado en el plano del lago como desde una inmensa azotea á 3,000 metros cerca sobre el nivel de mar, lleno de asombro, contemplé durante la noche del 7 de octubre de 1852, en compañía del eminente anatómico Gegenbaur, que se asoció á la expedicion en Mesina, el mecanismo de aquella erupcion, una de las mas notables del Etna en el presente siglo. Descendiendo luego hasta las inmediaciones mismas de los cráteres adventicios, noté que habia dos bocas: la una superior, que podia llamarse explosiva, por donde se verificaban las grandes conmociones del volcan, precedidas de ruidos sordos subterráneos y de fuertes temblores, acompañados de tremendas explosiones que arrojaban á una altura, que no bajaria tal vez de 400 á 500 metros, masas de fuego de todos tamaños, que describian en su trayectoria los mas sorprendentes caprichos de no imaginados fuegos artificiales. Quien quiera persuadirse de la belleza horrible, ó del *bello hórrido* como llaman los italianos, de una de estas funciones terrestres, no ha de contentarse con acudir á descripciones mas ó menos poéticas; tómese la molestia de ir á verlo, y de seguro encontrará pálidas é incoloras cuantas descripciones haya leido.

Boca emisiva.—En la boca ó cráter secundario inferior, las cosas pasan de muy distinta manera, pero no por eso son menos dignas de meditacion. Vése, con efecto, aparecer en el centro de una cavidad, la citada en el Etna podria tener ocho ó diez metros de diámetro, una columna de lava líquida como si fuera un manantial; cuya masa, formando círculos concéntricos y bellas ondulaciones, se extendia hasta los bordes, de donde solia retroceder, si bien perdido ya el color intenso de aquel baño de mineral fundido. Pronto se cubria la superficie de una ligera capa negruzca, resultado del enfriamiento y oxidacion de la lava que, extendiéndose á toda la masa, llegaba á impedir por breve espacio de tiempo la salida de aquella; de pronto oíase una pequeña detonacion, efecto de la violencia con que empuja la masa interior, que resquebrajando la costra externa, y agrietándola en sentidos diferentes, franqueaba el paso al manantial ígneo, el cual, rebasando las orillas de la cavidad, derramábase por los puntos mas declives, estableciendo de este modo el principio de la corriente de la lava, que serpenteando por la llanura, completaba perfectamente el símil de un manantial, y del arroyo que origina. Cuando encuentra la lava algun obstáculo á su paso, va acumulándose, cubriéndose unas corrientes á otras, hasta que, salvando la barrera, corre á rellenar las desigualdades del terreno. En la erupcion de 1852, un valle circular llamado de San Giacomo, fué rellenándose de esta manera, y cuando alcanzó un boquete, que comunica con la última parte del Valle del Bove, se presentó tan amenazadora á los ojos de los despavoridos habitantes del pueblecillo de Zafarana, que llegaron á temer fuera el pueblo sepultado, á la manera que Herculano en la famosa erupcion del Vesubio el año 79; por fortuna la corriente se detuvo antes de llegar á la aldea, reduciéndose todo á pasar un buen susto.

No me atreveré á asegurar que todas las erupciones de volcanes ígneos se ajusten al modelo que acabo de describir; pero la mayor parte se efectúan de este modo, y la prueba de ello es que, así en el Etna como en el Vesubio, y en muchos otros activos ó apagados que he tenido el gusto de estudiar, los conos adventicios, que con mucha frecuencia adornan las faldas de dichos montes, suelen ser gemelos, ó en otros términos, aparecen de dos en dos, y con frecuencia en mayor número, siguiendo siempre líneas determinadas.

A veces la corriente de los materiales volcánicos toma un aspecto singular, en la cual parece que al ponerse en contacto y en las inmediaciones del agua, habia tomado el basalto la forma columnar ó prismática, como se observa tambien en la Calzada de los Gigantes, de donde el haber creido algunos que la estructura prismática del basalto era resultado de la retraccion que por enfriamiento determina el agua: opinion errónea, segun trataremos de probar cuando describamos esta roca.

Hallándome en Barcelona con motivo de la publicacion de la obra, he tenido la fortuna de encontrar en la misma fonda al cónsul de Prusia Sr. Lindan, viajero tan infatigable como atento y fiel observador, el cual nos refirió sobremesa algunas particularidades tan notables de los volcanes de las islas Sandwich, que no resisto al deseo de comunicarlas á mis lectores. Dice el Sr. Lindan que el volcan de Kilauea tiene un cráter cuyo diámetro mide mas de dos millas, y que habiendo presenciado una de las grandes erupciones que casi todos los años hace, no encuentra palabras para expresar el asombro que le causó ver aquella inmensa masa de fuego en ebullicion levantarse en imponentes oleadas como el mar en dia de tormenta, y tras de pequeñas explosiones apenas oidas, arrojada á notable altura. Añade que un inglés que se retiró sin ver la erupcion, antes de llegar á la capital, distante del gran cráter 9 leguas, pudo leer ya muy cerca de aquella una carta al resplandor de la lava lanzada al aire por las incalculables fuerzas volcánicas. Muchas otras particularidades del famoso volcan, el de mayor cráter conocido, nos contó, pero basta lo dicho para formarse idea de lo que es tan inmensa boca terrestre que la figura 8 ilustrará.

Entre los volcanes diseminados en medio del Océano Pacífico no citaremos sino los de las islas Sandwich; los de Hawahi ó Owhykee no forman, por decirlo así, mas que un solo volcan con un gran número de cráteres como el Etna, pero hay la diferencia de que mientras el de Hawahi se extiende sobre una superficie de varios centenares de leguas cuadradas, el segundo no ocupa sino ochenta, y su cima no alcanza en mucho á la altura del pico principal del otro, que se conoce con el nombre de Mamaroa ó Moumouroa.

El pico principal de Hawahi está situado en la parte septentrional de la isla, á diez ó doce leguas del mar; la forma del cráter es elíptica, y la circunferencia de su borde superior tiene mas de cuatro leguas, por manera que ese es uno de los mas grandes, aunque no mas altos volcanes de la tierra. El interior se ha explorado hasta la profundidad de mil doscientos piés.

M. Goderich, el primer viajero que acometió tamaña empresa, pudo reconocer doce puntos cubiertos de lava ardiente, y cuatro orificios de donde se escapaban torrentes de treinta á cuarenta piés de espesor. Todo el cráter ha debido

llenarse á veces de lava, pues M. Goderich ha observado, á menos de cien piés bajo el borde, una línea que describe la circunferencia exterior, hasta la cual aparecian trasformadas las rocas de las paredes y abrasadas por el calor de las masas en fusion. Sin embargo, las lavas no han rebosado por los bordes, pero á causa de la gran presion hidrostática, se ha abierto una grieta bajo el nivel del mar, y por ella se precipitan las lavas, de modo que el cráter se vacía por debajo.

El trabajo subterráneo continúa incesantemente; los vapores sulfurosos, sobre todo, se desprenden de numerosas grietas con tal violencia, que producen un ruido semejante al de las máquinas de vapor de alta presion cuando se abren las válvulas, y por lo que hace á la temperatura del hornillo, debe ser mas alta que la admitida comunmente para los demás volcanes, pues los fragmentos de pumita, diseminados alrededor, tienen una textura tan poco compacta, que se conservan dificilmente sin reducirse á polvo. El vidrio volcánico (obsidiana), que cubre los flancos del cráter con capas de varias pulgadas de espesor, es tan menudo y tan fino, que el viento lo arrastra á la distancia de diez ó doce leguas bajo la forma de largos filamentos.

El 23 de diciembre de 1824, M. Goderich observó una violenta erupcion de ese volcan y pudo medir las corrientes de lava que salian impetuosamente de las anchas grietas, elevándose á una altura de cuarenta á cincuenta piés. A veces todo el cono parecia inflamado, probablemente por la emanacion de los gases, y en medio de las llamas, en derredor del cráter principal, veíanse otros cinco que arrojaban piedras incandescentes. De las vertientes del pico central surgian otros volcanes que tienen nombres distintos, pero cuya conexion permite considerarlos como uno solo, alimentado por varios hornillos.

No léjos de allí, sobre una meseta de cuatro mil piés de altura, cuyo nivel casi horizontal termina en una de las vertientes del Moumouroa, se eleva otro volcan llamado el Kirauca, cuyo cráter es probablemente el mas vasto de globo, pues tiene, segun se asegura, mas de seis leguas de circunferencia en su borde superior.

Desde este último se ve en el interior un vasto espacio rodeado de paredes verticales, y cuyo fondo, que se halla á setecientos piés de profundidad, forma una superficie plana, en medio de la cual se divisa un segundo espacio, de cerca de una legua de diámetro, que se halla constantemente lleno de una lava hirviente tan flúida, que podrian formarse filamentos como el vidrio.

Las masas de lava en fusion que se hallan en el interior de la montaña son tan considerables, que la vasta cavidad central no es bastante espaciosa para contenerlas, y con frecuencia sucede que se elevan sobre los bordes á varios centenares de piés de altura. Las olas de ese lago de fuego, de esas rocas en fusion, van á estrellarse contra las paredes, saltando como las aguas de una cascada, por manera que seria muy peligroso visitar el volcan durante el flujo de las lavas, al paso que no hay peligro alguno en penetrar cuando están retiradas en el espacio interior. Las dimensiones de este corresponden poco mas ó menos á las de las ciudades de Viena ó Berlin, inclusos los arrabales.

Las lavas no han traspasado jamás los bordes del espacio exterior, pero sucede á veces que, despues de alcanzar un nivel muy elevado, bajan de pronto, y en este caso tiene lugar la erupcion por una grieta que hay al pié de la montaña, abierta á consecuencia de alguna sacudida del terreno. Las lavas que corren obstruyen bien pronto la abertura, y entonces las masas en fusion vuelven poco á poco á su acostumbrado nivel.

De todo lo que hemos dicho hasta aquí, resulta que es difícil, si no imposible, trazar un cuadro que en conjunto se pueda aplicar á todos los volcanes. Unas veces el cráter se presenta como un valle encajonado, otras forma un cono, y la profundidad del uno es tan variable como la altura del otro; el mismo volcan sufre muy á menudo trasformaciones que modifican súbitamente su aspecto, pues el fondo del cráter se eleva ó se baja, formándose montecillos de escorias ó conos de erupcion; con mucha frecuencia los bordes del cráter se hunden, y la altura de la cima disminuye de pronto en varios centenares ó miles de piés, y en ciertas ocasiones, por último, las materias arrojadas llenan poco á poco el fondo de aquel y rebosan por los bordes, dando esto lugar á que aparezca una nueva cima que acaba de cubrir por completo la roca primitivamente levantada de tal modo, que ya no se pueden distinguir el cráter de levantamiento ni el de erupcion.

Otro de los objetos curiosos que ofrece á la contemplacion del naturalista un volcan en actividad, es la disposicion que afecta muchas veces la corriente de lava, imitando cordones ó madejas de hilo retorcido, que no son otra cosa sino la superficie de aquella arrollada en espiral y formando al enfriarse masas muy notables, celulares y filamentosas, convexas en el sentido de la corriente, en razon directa de la rapidez con que se desliza la materia ígnea por efecto de los pocos obstáculos que encuentra á su paso.

Cantidad de materiales arrojados por las erupciones. — La cantidad de materiales de todos tamaños que arroja un volcan en erupcion, es variable hasta lo infinito; bastando citar la que dió orígen al Vesubio el año 79 de nuestra era, en la que, además de formarse el actual monte de 800^{m} de altura, las cenizas y lapilli rellenaron el terreno hasta el punto de hacer desaparecer, bajo dichos materiales, nada menos que á tres grandes poblaciones, Herculano, Pompeya y Stabia. El Dr. Gemellaro decia en la descripcion que leyó á la academia de Catania, que en la erupcion del Etna de 1852 el Valle del Bove en tres meses se cubrió de una capa de nueve á diez metros de espesor, y en la extension de legua y media cuadrada, hecho que pude tambien confirmar.

Serao, en una descripcion que dió del Vesubio, asegura que en la erupcion de 1737 arrojó 8.879,383 piés cúbicos de lava: el Chaptar-Jokul en la erupcion de 1783 cubrió con sus materiales 80 leguas cuadradas.

Fin de la erupcion. — Al concluir la erupcion, van cesando los terremotos; el intervalo que separa una de otra se hace de cada vez mayor; las sacudidas y explosiones, sin embargo, son terribles, asemejándose á fuertes descargas de artillería; se agota el manantial de la lava, la columna de humo toma un color ceniciento gris, hasta que por último, renace de nuevo la calma en la antes atormentada region.

Suelen completar el cuadro de tan terribles escenas, fuertes huracanes determinados por la elevada temperatura que se experimenta en torno del volcan, y tambien grandes aguaceros que llegan á convertirse en verdaderas inundaciones, como consecuencia ó tal vez como causa determinante, de lo mismo.

Pero entre los fenómenos meteorológicos, compañeros, y tal vez consecuencia de las erupciones volcánicas, los mas notables son los que se refieren á la electricidad y al magnetismo terrestres. El sinnúmero de exhalaciones eléctricas que surcan la columna de humo, procedentes del fondo del cráter del volcan, en los momentos de su mayor exasperacion, y las detonaciones que acompañan á su salida, imitan perfectamente una tempestad, bien que subterránea ó procedente de abajo, pero que iguala, si no excede, á las atmosféricas en dias tormentosos.

En cuanto al magnetismo terrestre, se nota una coincidencia muy singular entre los momentos y períodos de recrudecimiento de las erupciones y los cambios repentinos, fuertes y violentas desviaciones de la aguja magnética.

El siguiente cuadro, del Dr. Palagi, director del Observatorio meteorológico de Bolonia (Italia), se refiere á la última erupcion del Etna, en 1852: fué formado por tan eminente físico y el autor de este tratado, en Roma, confrontando los diarios de observacion de aquel establecimiento con el mio de viaje, y atestigua lo que acabo de indicar.

Dia 20 de agosto de 1852.	(Principio de la erupcion del Etna). —El estado telúrico eléctrico fué el siguiente: á las 8 de la mañana + —; á las 12 — +; á las 4—o; á las 8 + —: cielo cubierto; á las 8 y á las 12 relámpagos y truenos; intensidad ó tension eléctrica muy fuerte.
Dia 22.	(Abrense nuevas bocas en el Etna). —Mucha tension eléctrica; relámpagos y truenos.
Dia 23.	(Abrense otras bocas).—A las 8 de la mañana, la electrizacion del conductor, intensísima; relámpagos y truenos; horizonte medio cubierto.
Dia 1.° de setiembre.	El estado telúrico eléctrico fué el siguiente: á las 8 de la mañana + —; á las 12 + —; á las 4 de la tarde — +; á las 4 + —; truenos y relámpagos
Dia 10.	(Abrense nuevas bocas y sale la corriente que amenaza á Milo).—A las 8 de la mañana—o; á las 12 + —; á las 4 de la tarde — o; á las 8 oo; truenos y relámpagos á las 4 de la tarde; relámpagos á las ocho.
Dia 20.	(Grandes temblores en Nicolosi y Catania).—La tension eléctrica muy fuerte; relámpagos y truenos.

Sin embargo, hasta el dia no se han practicado bastantes observaciones para poder establecer principios ó reglas generales acerca de estos cambios.

Vista, no obstante, la importancia del asunto, de esperar es que los hombres de la ciencia se dediquen á este género de exploraciones. Por de pronto, el gobierno de las Dos Sicilias, con el doble objeto de solemnizar el sétimo Congreso de sabios italianos celebrado en Nápoles en octubre de 1845, levantó de planta un Observatorio meteorológico, en el Vesubio mismo, junto al Atrio del Caballo, dotado de todos los aparatos necesarios, del que la ciencia debe prometerse grandes ventajas.

Un boletin especial da cuenta con regularidad de los resultados obtenidos en las observaciones que bajo la acertada direccion del Sr. Palmieri se verifica en dicho Observatorio.

Materiales líquidos, sólidos y gaseosos.—Los materiales que arrojan los volcanes son: sólidos los mas, líquidos y gaseosos. Entre los sólidos figura en primera línea la lava, que se presenta en grandes peñascos, en cordones, lágrimas y bombas volcánicas, en lapilli, arenas y cenizas. Algunos volcanes, como los de Java particularmente, parece que solo dan arenas y cenizas, si bien lo comun es presentarse la lava bajo todos los aspectos indicados. Un hecho irregular y extraño suelen ofrecer las cenizas de algunos volcanes, á saber: la presencia de animalitos microscópicos llamados infusorios, marinos ó lacustres, observados y dados á conocer por el célebre micrógrafo Ehrenberg.

Entre los materiales líquidos, dejando aparte el aspecto que presenta la lava al salir por la boca emisiva, figura el agua, que si no en todas, en muchas erupciones sale del cráter mismo en dicho estado. Esto se explica por el largo intervalo que separa unas erupciones de otras en los grandes volcanes; durante el cual la lluvia ó los veneros subterráneos convierten en lago la cavidad del cráter, de donde resulta que cuando sobreviene la erupcion, junto con la lava sale el depósito líquido y hasta sus habitantes, como parece se observó en una de las erupciones de Imbaburu en el siglo último, en la que apareció una cantidad prodigiosa de pececillos llamados preñadillas, determinando su putrefaccion fiebres malignas, que adquirieron el carácter epidémico.

Moya.—El agua cenagosa que sale en las erupciones de los grandes volcanes de América, lleva en suspension una sustancia negruzca, á la que aquellas gentes llaman *moya*, y de la que se sirven desecada, como combustible.

Materiales gaseosos.—Son principalmente el agua en forma de vapor, que se escapa durante la erupcion en mayor cantidad, pero que aparece tambien en el estado de calma del volcan, y en los azufrales ó volcanes semi-apagados. Además de esta sustancia, figuran el cloruro amónico, el de hierro y el de cobre, el ácido sulfhídrico, el clorhídrico, el carbónico y muchas otras que no solo atacan y destruyen las rocas, por entre cuyas grietas salen, sino que, como es consiguiente, dan orígen á muchos minerales, cuya formacion puede observarse en tan inmensos cuanto curiosos laboratorios de química terrestre.

Como complemento á lo que acaba de indicarse, respecto de las materias arrojadas por los volcanes, puede consultarse el adjunto cuadro.

Cuerpos simples	Existentes en las emanaciones volcánicas	Existentes en las rocas volcánicas
Potasio. . . .	*	*
Sodio.	*Mas abundante que el potasio.	*Mas frecuente que el potasio.
Calcio.	*En estado de Yeso. . .	*
Magnesia. . .		*
Aluminico . .	*Alumbre de los azufrales.	*
Manganeso. .	*Vestigios en el Vesubio	*
Hierro. . . .	*Cloruro que se convierte en oligisto.	*
Cobalto. . . .	*Casi nada.	
Nikel.	* Id.	
Plomo.	* Id.	
Cobre.	*Cloruro Vesubio y Etna	Oxido negro.
Hidrógeno. . .	*Vapor acuoso.	*En los minerales hidratados.
Silicio.	*	
Carbono. . . .	*Fuera de las erupciones sobre todo. . . .	*Abundante.
Boro.	*Acido bórico-Vulcano	
Titano.		Hierro oxidulado titanífero
Arsénico. . . .	*Rejalgar-Vulcano, Pozuolo.	
Azoe.	*En las sales amoniacales.	
Selenio.	*Muy poco Vulcano. . .	
Azufre.	*Muy comun.	*
Oxígeno . . .	*En el agua.	*
Cloro.	*En muchos cloruros. . .	*
Fluor.		*En algunos fluoruros.

Macalubas.—Aplícase en Sicilia este nombre, corrupcion de la voz sarracena Magaruca, en Módena salses, y en Nue-

va Cartagena, volcancitos ó volcanes fangosos, á unos pequeños cabezos ó altozanos de forma conóidea, truncada en la cima por un cráter por donde sale agua cenagosa ó cargada de materiales arcillosos, que al derramarse al exterior durante las erupciones, contribuye á dar el aspecto que ofrece este accidente geográfico, cuyas faldas suelen aparecer surcadas en el sentido de la pendiente.

Las erupciones de estos volcanes singulares van precedidas y acompañadas de temblores de tierra, como las otras, de las que solo se distinguen por la naturaleza de los materiales que arrojan y por otros accidentes.

Las macalubas son muy frecuentes en Sicilia, en donde he tenido el gusto de estudiar el fenómeno. Tambien las hay en Sassuolo (Módena) donde le dan el nombre *Salses*, equivalente á *Saladares*, por ser algo salada el agua que arrojan; vénse igualmente en los alrededores de Turbaco, Nueva Cartagena. Sin embargo, la region mas importante conocida, es la cordillera del Cáucaso en sus extremidades Noroeste y Sudoeste, donde las macalubas y los manantiales de petróleo ocupan, segun el Sr. Abisch, una superficie de 240 millas cuadradas.

Geiseres.—En Islandia y en otras regiones existen ciertas cavidades por donde periódica y regularmente salen grandes cantidades de agua hirviendo, que lleva varias sustancias disueltas, y en especial la sílice en estado naciente, las cuales reciben el nombre de Geiseres, que en el país donde se observaron por primera vez significa violento ó impetuoso.

El mecanismo de tan singulares erupciones es el siguiente: arrojada la masa de agua que antes ocupara el cráter, se ve este completamente vacío, si bien dando salida á una gran cantidad de vapor, que en parte toma el estado líquido por efecto de la gran presion que allí experimenta, llenando paulatinamente toda aquella cavidad. Dado este estado de cosas, como la tension de los gases interiores aumenta en razon directa de la presion que ejerce el agua líquida, llega un momento en que, venciendo aquella, se ve instantáneamente lanzada toda el agua á una altura de cincuenta ó sesenta metros, ofreciendo al caer, uno de los espectáculos mas admirables de la naturaleza. Espárcense las aguas por los alrededores del cráter, dejando sobre todo lo que encuentran á su paso, una capa incrustante de sílice, llamada por esta razon *geiserita*, resultado natural del estado en que sale del volcan combinada con la potasa, y de las reacciones químicas que se verifican en contacto del aire.

Importa mucho fijar la atencion en estas manifestaciones volcánicas, puesto que el geiserismo, ó sea la aparicion de la sílice en el estado que acaba de mencionarse, ha sido mas frecuente de lo que se cree en la historia terrestre, desempeñando en ella una funcion muy principal.

Creíase hasta hace poco, con bastante fundamento, que la Islandia era la única patria del geiserismo; pero recientemente se ha descubierto en el Norte de América, una region importantísima, llamada Montana, en la cual abundan sobremanera no solo las erupciones de agua hirviendo con todos los caractéres de los geiseres, sino tambien multitud de manantiales termales, y otras manifestaciones de la actividad terrestre, siendo todo ello tan importante, que el Gobierno de los Estados-Unidos ha declarado parque nacional aquella comarca destinada exclusivamente al estudio y contemplacion de los hombres de ciencia. Para formarse idea de la importancia de dicha comarca, me permito transcribir á continuacion la nota que inserté en los *Anales de la Sociedad española de Historia Natural.*

«Esta region, que con justicia se ha calificado de maravillosa por el número y calidad de fenómenos que en su territorio se realizan, y una de las grandes comarcas de los Estados-Unidos mas recientemente explorada, encuéntrase entre el paralelo 45 y 47 norte y el meridiano 104 y 116 oeste de Greenwich, limitada al este por Wyoming y Dacotah, al norte por las posesiones inglesas, al oeste y al sur por Idaho; la superficie que ocupa es de 143,776 millas cuadradas, siendo su extension de unas 550 millas de este á oeste y 280 de norte á sur. Hállase dividido aquel territorio en dos porciones desiguales por la cordillera de las montañas Pedregosas ó Roquizas; la quinta parte próximamente de la superficie de Montana pertenece á la vertiente del Pacífico y la cruzan las aguas superiores del rio Columbia; el resto, regado por el Missouri y sus afluentes, corresponde á la vertiente del Atlántico. Desde la embocadura del Yellowstone hasta las cimas de la cordillera de Bitter Foot, dos quintas partes constituyen una region montañosa; las otras tres quintas partes consisten en llanuras grandes y abiertas que se extienden por el este. Hácia el ángulo noroeste de Wyoming, cerca del punto donde la cordillera Pedregosa sale de este territorio, se encuentra lo que parece ser el núcleo central de dicha comarca y aun de toda la América del Norte, naciendo allí los rios Big Horn, Yellowstone y Madison, afluentes del Missouri; Snake, afluente del Columbia, y Green, afluente del Colorado.

Las cordilleras de Montana son menos irregulares que las de la planicie del Colorado; sus pendientes son mas uniformes y menos accidentado su relieve; las alturas son menores que en Colorado, Wyoming y Nueva México, Utah y Nevada: la elevacion media del territorio es de unos 4,000 metros sobre el nivel del mar.

Montana puede dividirse en cuatro regiones de límites bien definidos y con su sistema hidrográfico propio; la seccion noroeste se extiende entre las montañas Pedregosas y de Bitter Foot; la del sur está regada por tres brazos del Missouri, ó sea por los rios Jefferson, Gallatin y Madison que confluyen todos tres en un punto cerca de la ciudad de Gallatin; el Yellowstone riega la seccion del sudoeste, y la septentrional comprende los valles del rio Milk y del Missouri y las grandes llanuras adyacentes.

El geólogo, afortunado explorador de tan interesante comarca, ha sido Mr. Hayden, quien en 1856 formó parte de la expedicion, que bajo el mando del general C. K. Varren estudió el curso inferior del Yellowstone. Admirado el general de los relatos de los guias é indios, proyectó un segundo viaje, que se llevó á cabo en 1859 y 60 por el coronel William F. Raynolds, acompañado de Hayden, el cual, al recibir recientemente del gobierno norte-americano la mision de explorar metódicamente el Montana, se encontraba en las mejores condiciones para llenarla cumplidamente. Dos expediciones realizó Mr. Hayden; la primera en 1871 y la segunda en 1872, encaminadas principalmente por encargo especial del gobierno supremo de la nacion, á explorar las fuentes del rio Yellowstone. En 1.° de junio de 1871, salió Hayden de la ciudad de Ogden en el Utah, acompañado de un agricultor, un entomólogo, un topógrafo, un pintor, un fotógrafo, un meteorologista, un botánico, un mineralogista, un zoólogo y un médico, ayudados de una ó varias personas cada uno. Así proceden los Estados-Unidos, sobre todo modernamente, para examinar una comarca nueva; de modo que cuando la expedicion ha cumplido su encargo, está aquella del todo conocida, levantado ó trazado el mapa, estudiado el clima, los recursos industriales ó agrícolas, la fauna, la flora y la gea. El país que era de la naturaleza, es ya del hombre, y la conquista se realiza, no al precio de sangrienta guerra, sino luchando contra la naturaleza; único combate verdaderamente digno del hombre, unica batalla gloriosa á la vez para el vencedor y para el vencido.

No proponiéndonos en esta reseña seguir paso á paso á los intrépidos exploradores y sí tan solo dar una idea de los fenómenos mas notables por ellos contemplados, empezaremos la descripcion desde el momento en que franqueado el *Devil's slide* encontraron á su derecha la embocadura del rio Gardiner, que vierte sus aguas en el Yellowstone. Subieron por este rio, y andadas algunas leguas por la orilla izquierda, encontraron la primera cuenca de fuentes termales, que si bien cortas en su número, son, no obstante, curiosísimas por las circunstancias que en alguna de ellas concurren. Merece en este concepto una especial mencion la que aparece en la cima de una colina, situada junto al rio, de unos 200 piés de altura, y cuya cima, dispuesta en forma de meseta ó terraza, de 150 piés cuadrados de extension, puede decirse que solo forma un inmenso manantial. El agua aparece en cantidad prodigiosa, é impulsada por los gases ó fuerzas elásticas del interior, constituye un magnífico hervidero, con tanta mayor razon así llamado, cuanto que su temperatura es la de la ebullicion. Pero no es la cantidad y la temperatura lo que mas distingue á este manantial, sino la singular y por demás curiosa circunstancia de que habiendo formado la accion erosiva de las aguas al verterse, un gran número de cavidades ó albercas de dimensiones varias en las faldas mismas de la colina, permite que el viajero tome á voluntad un baño frio, templado ó caliente, segun la altura de la pila donde se zambulla. Las aguas llevan cal, sosa, alúmina, magnesia y ácido carbónico, segun revela el análisis, depositando en su curso magníficas incrustaciones, que aumentan la belleza y el interés científico de aquel punto. El agua es tan cristalina y trasparente, que á gran profundidad permite ver las magníficas incrustaciones que revisten los conductos de salida, y tambien las *Pamellas* y *Oscilaras*, pequeñas diatoméas, siempre agitadas por la corriente, hasta que la incrustacion las reviste y da fijeza. A la derecha, viniendo del rio Gardiner, al cual paga su tributo el arroyo que aquellas aguas termales forman, se eleva un cono de unos 90 piés de altura sobre 20 de diámetro, que por su vaga semejanza á un gorro frigio ha recibido el nombre de *Liberty cap:* es el último resto de un antiguo *geiser*, á juzgar por las incrustaciones silíceas, cuya sobreposicion le dió orígen. Los manantiales en aquella comarca cambian con frecuencia de sitio; algunos se agotan, otros aparecen por nuevos puntos. Por todos lados se descubren antiguos conos, cuyas gradas ha borrado el tiempo, sirviendo hoy su hueco interior de guarida á fieras y murciélagos. Sus formas varian; algunos están orgullosamente de pié, otros caidos, rotos y arruinados. Al rededor de los manantiales, que forman un vasto circo, las laderas de las montañas están cubiertas de peñascos de basalto, de color pardo, que resalta entre el verde de los pinos y de las praderas.

Atravesando la empinada cresta que separa la cuenca del Gardiner del Yellowstone, penetraron en ésta, cuyo terreno ofrece estrechas gargantas y hondísimos cauces, de cuyas laderas se elevan perpendicularmente enormes diques de basalto, que rompiéndose en algunos sitios por la accion de los agentes exteriores han sido circundados por sus propios detritus, formando una toba basáltica en brecha muy curiosa, por cuanto las aguas han abierto y recortado enormes columnatas, pórticos y ojivas, presentando todo el aspecto de una inmensa catedral gótica. Otra de las cosas notables de tan importante comarca es la montaña dicha Wahsburn, volcan apagado desde el período plioceno, pero de cuya actividad en dicha época quedan notables vestigios y entre ellos calcedonias, ágatas y malaquitas, que materialmente cubren el suelo. Desde la cima de este monte, á 10,575 piés, el panorama que se descubre es magnífico. La vista de los exploradores se extendia en todas direcciones hasta una distancia de 50 á 100 millas. Al sud se ve toda la cuenca de Yellowstone y el lago, cuya forma se asemeja á una mano con los cinco dedos extendidos. Esta cuenca es el centro de toda la América del norte: la del lago es un vasto cráter con innumerables aberturas volcánicas y dominado por una serie de picos, entre los cuales los mas importantes son los montes de Doarce, Sangford y Stevenson, que se elevan entre 10,000 y 12,000 piés sobre el nivel del mar. En los pasados tiempos estos picos eran centro de erupciones, orificios por donde salian los manantiales ígneos, extendiéndose por las comarcas inmediatas. Los manantiales termales y los *geiseres* actuales son los últimos vestigios que irán poco á poco desapareciendo hasta extinguirse por completo. No obstante las aberturas que sirven de válvulas de seguridad, con frecuencia se experimentan terremotos, segun pudo observar el mismo Hayden, asegurándole los guias, que á causa de este fenómeno, los indios se abstienen de frecuentar la region, por considerarla hasta cierto punto como sagrada.

Al bajar del monte Washburn se encuentra por el lado meridional un notable grupo de manantiales. El terreno que riegan sus aguas está cubierto de azufre, alumbre, carbonatos de cobre y sosa, y de una eflorescencia salina que probablemente es de nitrato de potasa. Se atraviesa despues una comarca cubierta de verde yerba y sembrada de flores, y un rio, el Cascade, cuya corriente cortan numerosas cataratas, formadas todas de igual modo. Las rocas dominantes son de basalto compacto y brecha; el primero es muy resistente y la segunda cede con facilidad á la influencia de los agentes atmosféricos; se desprende, desaparece fragmento por fragmento, y deja profundas aberturas por donde el agua penetra.

El rio Yellowstone sale del lago y corre hácia el norte. Pasa primero á través de un terreno pantanoso y cortado por infinidad de arroyos. En los puntos en donde el agua permanece durante algun tiempo estancada, se cubre de una espuma amarilla producida por la presencia del hierro. El rio recibe por el este una corriente de agua que contiene gran cantidad de alumbre, por cuya causa se llama Alun creek y es el sobrante de muchos manantiales. El cauce se ensancha en seguida y forma dos pequeñas cascadas de 20 á 30 piés de altura y despues se estrecha, ocupando solo un espacio de 100 piés por 30 de profundidad. El lecho aparece encajado entre dos murallas de basalto, y así llega á las cataratas.

Estas cataratas son dos, separadas por unos 400 metros de distancia y practicadas en capas de arcilla, de arena y de brecha ó almendrilla. La cascada superior tiene 140 piés de altura, la inferior 350 piés, y su ruido se oye á lo léjos como descargas de artillería. El agua se precipita, cae como torrente de espuma, choca con la superficie inferior de la corriente, que resiste, la repele, y la hace saltar sin dividirse á 200 piés de distancia. No hay comparacion posible para el espectáculo grandioso que esta cascada presenta al viajero. La blancura de nieve de la espuma; la rica vegetacion que crece bajo las brumas; el arco íris que se encorva en forma de aureola brillando y ondulando como banda flotante; el polvo líquido que, desde la base de la cascada, se eleva como humo; las columnas de sílice descompuestas en largas agujas que están suspendidas de las paredes pedregosas hácia el abismo, toda aquella majestad produce en el ánimo una emocion profunda. El Niágara tiene acaso mas grandeza, pero no la pintoresca belleza ante la cual el pintor mas hábil rompe su paleta y la admira, sin atreverse á retratarla. Inmediatamente despues de las cataratas empieza el hondo cauce, presentando las masas negras de sus flancos de basalto de 1,200 á 1,500 piés de altura, abigarradas con manchas multicolo-

res, amarillas, rojas, pardas y blancas, que producen los depósitos de materias térreas, en disolucion por el agua de las fuentes, sus rocas, á que el tiempo ha dado mil aspectos distintos, y su verde corona de inmensos bosques de pinos. El piso está lleno por todas partes de obsidiana disgregada en pequeños fragmentos amorfos, con reflejos negros ó negro-rojizos. A 10 millas por encima de la catarata y á 8 millas por debajo del lago, sobre el recto curso del Yellowstone, existe un espacio de 1,500 piés de ancho por 2 millas de largo, acribillado de manantiales. El mas notable de ellos se llama Locomotive jet; es un poderoso surtidero de vapor que produce, al escaparse, el ruido estridente de una máquina de alta presion. La abertura, de 6 pulgadas de diámetro, dentada, y rodeada de concreciones parecidas á perlas, está en una corteza de sílice mezclada de azufre que cruje bajo los piés, y llena de multitud de agujeritos secundarios por los cuales se escapan de continuo columnas de vapor. La temperatura es tan alta, que no es posible acercarse al surtidero sin grandes precauciones, y por el lado de la direccion del viento. M. Hayden cree que no existe comunicacion subterránea entre estos diversos orificios. Algunos manantiales son, como Locomotive jet, sencillos surtideros de vapor, otros son cenagosos, y otros aluminosos ó ferruginosos.

En la orilla izquierda del Yellowstone, á dos millas mas léjos, se encuentra una cuenca de manantiales termales unida á la anterior por una serie de fuentes, casi todas agotadas. En este punto la mayoría son manantiales sulfurosos y cenagosos que se desparraman por todos lados, apareciendo hasta por la orilla opuesta del rio, y algunas veces sobre las colinas, á 50 y 100 piés de altura. Distínguese especialmente una especie de caldera circular de 8 piés de diámetro, cuyos bordes se elevan á 4 piés del suelo y á 6 del fango que en el interior contiene. Este fango, agitado desde hace siglos, es tan fino y blanco, que cuando se seca al fuego parece espuma de mar.

El gas surte de continuo, proyectando materias semi-líquidas, á 10 y á veces á 20 piés de distancia. Estas materias se acumulan en las orillas de la cuenca, elevando su nivel. La consistencia de estas materias varia: unas veces es blanda y clara, otras un mortero espeso; su color depende de la naturaleza de los depósitos que forman el suelo y á través de los cuales el agua sale á la superficie. Un manantial llamado *the grotto* (la gruta) sale de una caverna cuya entrada tiene 5 piés de diámetro, y en cuyo interior se oye un ruido parecido á los mugidos de la mar furiosa rompiéndose contra las olas, y de donde sale una gruesa columna de vapor. El calor impide acercarse y estudiar este fenómeno, pero se ha podido comprobar que de la gruta salen algunos litros de agua por hora, y que esta agua es notablemente pura. Esta rareza se explica por efecto de la alta temperatura que evapora la mayor parte del agua y la arroja fuera en forma de vapor.

En lo alto de la colina está la Caldera del Gigante, que es un geiser cenagoso, cuyo cráter, en forma de cono truncado, tiene 40 piés de diámetro en la cúspide y 30 piés de altura. Su ruido conmueve fuertemente el suelo, y se distingue á distancia de cerca de un kilómetro. Cuando la brisa arrastra el vapor, se ve el interior del cráter lleno de un fango arcilloso, claro, en estado de violenta agitacion. A su alrededor, y en un radio de 100 piés, los pinos están completamente cubiertos de estalactitas de fango seco y de una altura de 75 á 100 piés, lo que parece probar la existencia de paroxismos de actividad, pero se descubre despues que el fango ha sido trasportado mecánicamente por el vapor. No léjos de aquel punto se encuentran muchas fuentes termales, algunas de ellas intermitentes. Tres están dentro de una misma cuenca de 200 á 300 piés, y una de ellas forma un geiser que se eleva á 20 ó 30 piés durante algunos minutos, siguiendo un reposo de tres horas y media á cuatro.

M. Hayden llegó por fin á las orillas del lago; habia trasportado consigo el casco de una barca, la cubrieron con tela embreada, el *Anna* desplegó sus velas surcando las aguas, hasta entonces vírgenes, del Yellowstone, y trasportó á los exploradores á la isla mas inmediata. El lago, segun hemos dicho, figura una mano con los cinco dedos extendidos, y contiene cinco islas principales. Tiene 22 millas de largo de norte á sur, y de 15 á 20 millas de ancho de este á oeste. Sus aguas, procedentes de la liquefaccion de las nieves que cubren los conos inmediatos, son muy frias y de una profundidad máxima de 300 piés. Durante la mañana la superficie está perfectamente tranquila, al medio dia se levanta la brisa, y las aguas forman olas bastante grandes. Las truchas abundan en el lago, pero casi todos estos peces tienen enormes gusanos intestinales parecidos al género *Bothriocephalus*. Cosa rara: por encima de las cascadas del Yellowstone, las truchas, que son abundantes, y muchas de las cuales proceden del lago, gozan completa salud. Las pobres truchas del lago Yellowstone están además sujetas á otras calamidades. Algunos manantiales elevan sus cráteres en el fondo mismo de las aguas del lago; los exploradores pescaban truchas, y sin arrancarlas del anzuelo las metian en uno de esos cráteres llenos de agua hirviendo, cociéndolas inmediatamente y y ejecutando una pesca milagrosa de todo punto desconocida.

Los manantiales que rodean el lago son numerosísimos: no forman verdaderos geiseres, pero manifiestan pulsaciones. El agua sube y baja en su interior por intervalos regulares de dos á tres segundos. Algo mas léjos un grupo de 200 á 300 manantiales cenagosos, cuyas orillas están cubiertas de una especie de masa compuesta de diatoméas, y presentando todas las tintas de los colores verde, amarillo y rosa, producen con sus hervideros un ruido atronador.

A media milla al sur del lago Yellowstone, en el curso del rio Snake, se encuentra un pequeño lago llamado Heart, rodeado de manantiales termales y de un pequeño geiser.

Vamos á examinar ahora con M. Hayden la cuenca del rio Fire Hole, que contiene fenómenos mas extraños. Al oeste del lago Yellowstone, y separado de él por un repliegue del terreno, se extiende el gran lago Shoshone, y mas léjos, en la misma direccion, el lago pequeño Madison, que sirve de nacimiento al rio Fire Hole, el cual es en realidad el principio del rio Madison; corre paralelamente al rio Yellowstone, es decir, de sur á norte, y se reune al brazo oriental del Madison, que es un afluente del rio Columbia. El conjunto de este sistema hidrográfico corresponde á la vertiente del Pacífico.

Para llegar al lago Madison el trayecto fué difícil, avanzando por medio de un laberinto inextricable de árboles derribados, análogo á los *windfalls*, inmediatos al curso superior del Mississipí, y sobre un suelo formado de obsidiana y de rocas traquíticas. Un espacio de muchas hectáreas está cubierto de montículos cónicos de una altura que varía desde algunas pulgadas á un centenar de piés, y completamente cubiertos de cristalizaciones de azufre de color amarillo puro. Al romper la capa de uno de estos conos, se ve el interior cubierto de las mismas cristalizaciones. Se camina, pues, entre manantiales agotados, cuya actividad se reduce á emitir nubes de vapor por cierto número de orificios. M. Hayden compara el aspecto de este distrito á un inmenso horno de cal en actividad. Esta apariencia es tanto mas notable, cuanto que, en 1.° de abril, hubo una abundante escarcha, que añadia á aquel espectáculo los esplendores del brillante centellear de los cristales de hielo. El país es muy frio. En julio, agosto y setiembre, el termómetro baja con frecuencia á 3

ó 4 grados centígrados sobre cero. A lo largo de East Fork se encuentran numerosas fuentes termales que nos limitamos á citar para llegar rápidamente á la cuenca de los geiseres. Una de ellas es una cavidad rodeada de un reborde en forma de corazon, y de cuyo centro sale un chorro de agua caliente. El geiser Thud produce un rugido formidable cada vez que el agua sube ó baja. En una cuenca de 25 á 30 piés hay un manantial, y cuando se mira al seno de su límpida profundidad, se ve bajo las aguas un verdadero palacio de hadas adornado de cristalizaciones multicolores: otros manantiales están rodeados de sílice, concrecionada en forma de coliflor, y de una costra ó capa parecida á la pólvora de cañon, que desprende olor de hidrógeno sulfurado. El agua aparece por todas partes, y sin embargo, durante todo el dia, ni M. Hayden ni sus compañeros encontraron una sola gota de temperatura bastante baja para poder calmar la sed.

Los geiseres de Fire Hole forman dos grupos: el inferior está situado cerca de la confluencia de dicho rio con East Fork. El grupo superior se encuentra en la orilla del rio, á unos 8,000 piés mas al sur.

La cuenca inferior presenta una vegetacion magnífica, á causa de lo suave y húmedo de la temperatura. Los geiseres mas importantes son: Couch spring, cuyo cráter es triangular; Horn, que es un cono de un pié de diámetro en lo alto y de 6 piés en la base; Bath spring, Cavern, y en fin, Great spring, cuya abertura tiene 250 piés de diámetro, y sus paredes de 20 á 30 piés de profundidad. En medio de torrentes de vapor sale de Great spring una masa enorme de agua hirviendo, que formando una inmensa capa y bañando una larga extension del terreno, donde produce los mas diversos colores á causa de los depósitos salinos que contiene, termina vertiéndose en el rio.

Al aproximarse á la cuenca superior del Fire Hole, la vegetacion cesa de pronto, viéndose los últimos árboles completamente silicificados. Esta cuenca tiene 20 millas de ancha y 5 de larga, viéndose en ella pequeños lagos cubiertos de nenúfares blancos *(Nenuphar advena)*.—Allí llegaron los expedicionarios al caer la tarde del 5 de agosto, fatigadísimos, y se ocuparon inmediatamente en establecer el campamento. De pronto se oyó una horrible detonacion, el suelo tembló, y cerca del rio, por el lado del este, se lanzó al espacio una columna de agua de 6 piés de diámetro, coronada por nubes de vapor que, formando torbellinos, subian á mas de 1,000 piés de altura. Estaban delante del Gran Geiser. La columna surtió durante veinte minutos, despues disminuyó lentamente, y la débil capa de agua contenida en el cráter descendió á 156 grados Farenheit. El geiser hizo dos erupciones en treinta y seis horas. A algunos piés de distancia del gran geiser, cuyo cráter se eleva á 3 piés del suelo, se encuentra el geiser Turban. Su cuenca tiene 23 piés larga, 11 de ancha y 6 de profundidad. El fondo y las paredes están cubiertas de gruesas masas globulares, cuya forma y color amarillo recuerdan las calabazas. El agua no se eleva mas que á 25 piés, y parece que existe una comunicacion subterránea entre éste y el gran geiser.

La cuenca superior del Fire Hole contiene unos 50 *geiseres* en actividad. Los mas importantes han recibido nombres especiales. Me limitaré á citar algunos, como el Grotto, Pyramid, Punch, Bovol, Black Sand, Castle, Fau, Riverside, Giant, Saw Mill, Old Faithfull y Bee Hive y daré algunos detalles acerca del llamado Giantess. «Al atravesar el rio Fire Hole, dice M. Hayden, subimos una pendiente suave, llegando de pronto á una ancha abertura oval con bordes festoneados, cuyos ejes eran respectivamente de 18 y de 25 piés, cuyas paredes están cubiertas de un depósito silíceo blanco gris, visible á la profundidad de 100 piés. No vimos el agua, pero oimos cómo hervia á una gran distancia debajo de nuestros piés. De pronto empezó á subir en gruesos borbotones, despidiendo grandes masas de vapor que nos obligaron á huir apresuradamente. Cuando el agua estuvo á 6 piés de la superficie, se detuvo y volvimos á examinarla. Espumaba y hervia con violencia, y algunas veces enviaba chorros calientes hasta la misma boca del orificio. Pareció que de pronto la sobrecogió un horrible pasmo, ascendió con loca rapidez, salió del cráter y se elevó en columna de la misma dimension del orificio á una altura de 60 piés. De la cima de esta columna salian cinco ó seis chorros de agua menos considerables, que variaban de seis á quince pulgadas de diámetro, proyectándose á la maravillosa altura de 250 piés. Esta erupcion duró unos veinte minutos; nunca habiamos presenciado espectáculo tan magnífico. El sol, que brillaba con todo su esplendor, al reflejar los rayos en aquella agua, formaba miles de arco-íris, cuya posicion variaba constantemente bajando ó subiendo y desapareciendo para ser reemplazados por otros. Los glóbulos de agua que caian, asemejaban una lluvia de diamantes, y en los puntos donde las nubes de vapor detenian los rayos solares proyectando sombras en la columna de agua, veíamos un círculo luminoso con todos los colores del espectro solar, asemejándose á esos nimbos de gloria con que los pintores rodean algunas veces á la divinidad. Durante las veinticuatro horas que permanecimos junto á aquel *geiser*, contemplamos dos erupciones, cada una de las cuales duró diez y ocho minutos.»

Un estudio mas completo y técnico de esta region volcánica deberia comprender las tablas de temperaturas, los manantiales termales, la análisis del agua, de las concreciones; en una palabra, las cifras sin las cuales es casi imposible fundar la verdadera ciencia, y que M. Hayden ha publicado en sus dos informes de 1871 y 1872. Nos hemos limitado á presentar algunos datos para que el lector pueda formar idea de la grandeza de estos fenómenos. Estos datos impresionan tanto como los dibujos con que M. Hayden ha ilustrado su trabajo. Seria tambien interesante comparar las fuentes termales del Yellowstone con las de Nueva-Zelanda, tan bien descritas por M. de Hochstetter y con los *geiseres* de Islandia, el Strokur y el Gran Geiser. Segun M. Robert, este último manifiesta cada veinticuatro horas una erupcion que dura ordinariamente cuatro ó cinco minutos, elevándose la columna de agua, durante la última fase del fenómeno, á unos 100 piés. El estudio de estos *geiseres* es relativamente poco conocido; se discute acerca de su orígen, habiéndose presentado diversas teorías. Por desgracia, los límites de este trabajo nos impiden entrar en mayores detalles.

A la vuelta de la primera expedicion de M. Hayden y á propuesta del honorable senador S. C. Pomeroy, el Gobierno de los Estados-Unidos tomó una resolucion muy extraña de su parte; la de sustraer á la colonizacion un espacio de terreno de 65 millas de largo por 55 de ancho, reservándolo bajo el nombre de *Parque nacional*, espacio veinte veces mas grande que la superficie del departamento del Sena. Los términos del acuerdo del Congreso quedarán como título de gloria para los representantes del gran pueblo americano.

«Considerando, dice el acta, que la region regada por las aguas superiores del rio Yellowstone, encierra una acumulacion de maravillas sin igual en el globo, en comparacion de las cuales los *geiseres* de la Islandia son casi insignificantes:

»Considerando que importa apresurarse á sustraer este territorio de la avaricia de algunos industriales que no tardarian en apoderarse de él, rodearle de cercas y obligar á que se pagase por ver maravillas, cuyo goce pertenece á la humanidad entera y que deben ser tan libres y asequibles á todos como el aire y el agua;

»Considerando además que la region de los manantiales del Yellowstone, es de una altura media superior de 6,000 piés, y que el lago Yellowstone, que ocupa una superficie de 330 millas cuadradas, está á una altura de 7,427 piés, haciendo el rigor del frio impropio el terreno reservado para el cultivo y la cria del ganado;

»El Senado y la Cámara de representantes de los Estados Unidos de América, reunidos en Congreso decretan:

»La region de los volcanes del Yellowstone queda reservada y prohibida á la colonizacion.»

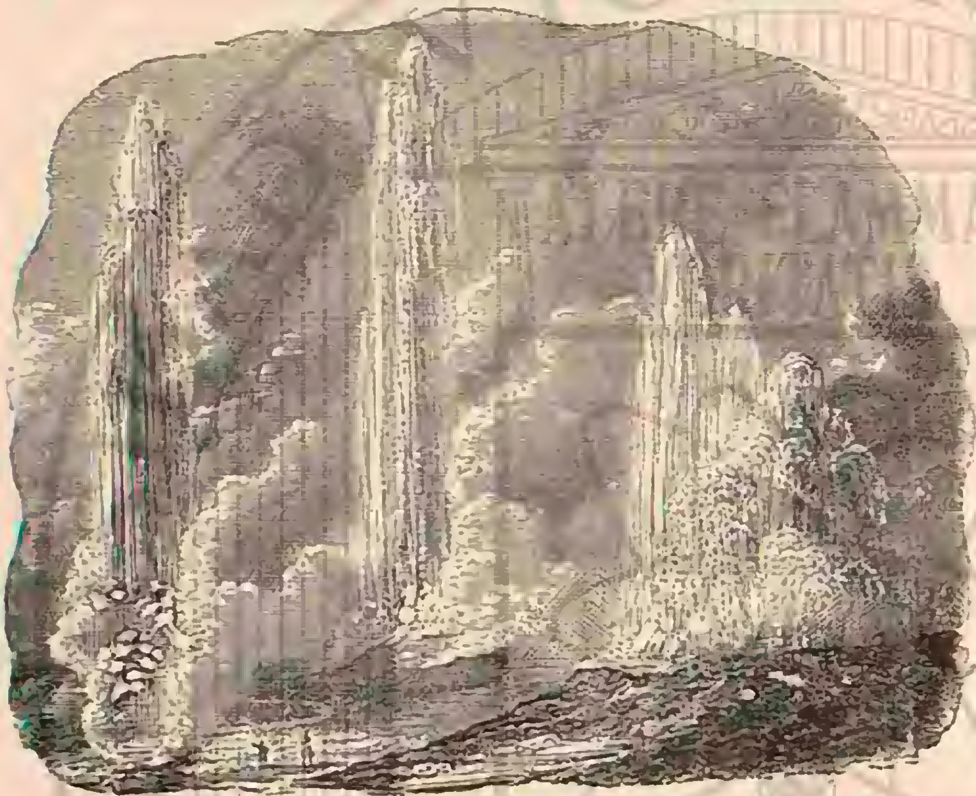


Fig. 9.—Geiseres de Islandia

Para quien conoce el pueblo americano, la determinacion del Congreso dará de las maravillas del Yellowstone idea mucho mas importante que todas las descripciones y dibujos que pudieran publicarse.

En Nueva Zelanda tambien parece existir el geiserismo, sobre todo en la isla septentrional, donde los geiseres se cuentan á millares; ofreciendo sus erupciones los mismos fenómenos de intermitencia que en Islandia y en el norte de América.

Para ilustracion de tan interesante materia, puede el lector echar una ojeada á la figura 9.

Mofetas.—Durante las erupciones volcánicas, y tambien en los intervalos de una á otra, se escapa del fondo del volcan una cantidad mas ó menos considerable de ácido carbónico, el cual, acumulándose en las regiones bajas de la atmósfera, y hasta en las cuevas ó subterráneos de las casas inmediatas, suele ocasionar mas de una víctima, por no ser respirable, como es sabido. A esta salida y acumulacion de ácido carbónico, que aunque acompaña y sigue á las erupciones, suele presentarse con carácter de permanencia tambien en muchos puntos de las comarcas volcánicas, se ha dado por los italianos el nombre de Mofeta, palabra admitida ya en el lenguaje científico. Entre las localidades mas notables para este fenómeno, citaremos la gruta llamada del Perro, junto al lago de Añano, antiguo cráter volcánico, que he tenido ocasion de ver en Bahia-Pozzuolo y en varios otros puntos de los campos flégreos napolitanos.

Llamas en las erupciones.— Durante estas admirables operaciones terrestres, y sobre todo en los momentos de mayor actividad volcánica, es frecuente ver ciertos resplandores que iluminan con un siniestro fulgor la columna de humo y cenizas que salen del cráter, comunicando, sobre todo durante la noche, un aspecto siniestro á aquellas soledades, aspecto que la imaginacion fantástica de poetas y pintores ha exagerado, trasladándolo al lienzo ó descripcion como si fueran verdaderas llamas; las cuales, sin embargo, en las erupciones, son mas raras de lo que se cree; pues hasta hay quien niega en absoluto que existan, no siendo lo que se ve sino el simple reflejo de la lava candente. Esto no obstante, dice Espallanzani haber visto en el cráter de Vulcano llamas azuladas (1): el malogrado Pilla tambien parece haberlas observado en el Vesubio; y Elie de Beaumont en unas grietas laterales del Etna, produciendo un ruido análogo al del soplete; atribuyéndolas este último á la combustion del hidrógeno sulfurado, siendo, como es consiguiente, de un tinte lívido. No pudiendo atribuir á meras ilusiones la observacion de tan distinguidos naturalistas, debemos admitir que en casos excepcionales se producen llamas en la erupcion, como consecuencia natural de la combustion del hidrógeno; siquiera sea difícil confirmar el hecho, por cuanto no forman grandes llamaradas, sino simplemente algunas ráfagas de escaso brillo á lo largo de las grietas que suelen existir en las faldas del volcan.

Efectos de las erupciones.—Son tan variados los efectos de las erupciones, que seria difícil tarea el relatarlos todos en una obra de esta índole. A veces aparecen montes ó islas de un modo mas ó menos brusco, convirtiéndose la llanura ó meseta en elevados picos, como sucedió con el Vesubio, nacido al través de la Somma en la famosa erupcion del año 79 de nuestra era, erupcion de la que fué víctima el célebre naturalista y almirante romano Plinio, enterrado entre el lapilli, las arenas, y cenizas, que durante tres dias oscurecieron el sol, haciendo desaparecer bajo de una inmensa capa de materiales á Herculano, Pompeya y Stabia. La risueña llanura inmediata á Pozzuolo y el lago de Averno, atormentada bastante tiempo antes por frecuentes terremotos, fué trasformada en el que hoy llaman Monte Nuovo á últimos de setiembre de 1538. En los primeros dias de julio de 1830, apareció en los mares de Sicilia, frente á Agrigento, la célebre isla llamada Julia por la comision de la Academia de Ciencias de Paris que fué á estudiarla, Ferdinanda por los sicilianos, y Graham por los ingleses que primero la vieron surgir del fondo del mar; antes del año de su existencia, un hundimiento la hizo desaparecer en las profundidades del abismo.

Para no cansar mas, y entristecer el ánimo del lector, terminaré esta relacion de desastres volcánicos, con la desaparicion en 1772 del volcan de Java llamado Papandayang, que arrastró consigo á 40 pueblos y caseríos que existian en sus faldas, pereciendo casi todos sus habitantes. Tambien debe citarse como ejemplo curioso de cambios y trastornos producidos por las fuerzas volcánicas el levantamiento en masa y aparicion de millares de pequeños conos llamados hornitos, y por último, de la gran masa del Jorullo, 360^m, ocurrida en México en 1759.

Prescindiendo de los innumerables casos que pudieran citarse en apoyo de la tésis que voy á indicar, confirma la observacion constante, que en las grandes erupciones los volcanes pierden de altura y á veces hasta suelen desaparecer; al paso que en las de poca importancia, suelen ganar, como sucedió en el Vesubio en la de 1850, en que la punta del Palo que era la mas alta, fué sobrepujada por otros puntos del cráter en 40 ó 50 metros.

Tocante á la velocidad que llevan los materiales al salir por la boca explosiva del volcan, aunque no es fácil determinarla con exactitud, se aprecia en general como análoga á la de los proyectiles lanzados por un mortero, que equivale á 400 ó 500 metros por segundo. En cuanto á la temperatu-

(1) En la obra intitulada *Viaggio nelle due Sicilie.*

ra de la lava en el momento de salir por la boca emisiva del volcan, supera mucho á la que el hombre puede producir por los medios comunes; bastando para cerciorarnos de este hecho, pensar que la lava se presenta fundida y líquida, cosa que para conseguirla en el laboratorio, necesita el químico apelar á grandes corrientes eléctricas, y á los otros medios que los admirables progresos de la ciencia ponen hoy á su disposicion. Sin embargo de esto, merced á la poca conductibilidad de la lava por el calor, puede uno sin gran molestia acercarse á la corriente de color rojo cereza, y hasta encender en ella un cigarro, como tuve ocasion de hacer en el Etna en 1852. Además es muy frecuente tomar un poco de lava con la extremidad acerada de un palo, é imprimir en ella monedas ó sacar impresiones de moldes que al efecto se llevan preparados.

El eminente cuanto injustamente olvidado Gimbernat, distinguido geólogo catalan, estudió minuciosamente la erupcion del Vesubio en 1822 con cuya lava formó varias medallas dedicadas, á fuer de buen liberal, á la Constitucion, medallas que se conservan como joyas de gran precio en el gabinete de Historia natural de Madrid.

Azufrales.—Los italianos llaman zolfatara, para distinguirlo de la zolfara que es la mina de azufre, á lo que nosotros daremos el nombre de azufrales, con el cual designaron los conquistadores de América ciertos lugares que representan volcanes semi-apagados, que aunque no hacen erupcion hace muchos siglos, ofrecen, no obstante, cierta actividad, que se traduce principalmente por la salida de una cantidad considerable de vapor de agua que arrastra varias sustancias gaseosas, y entre ellas el ácido sulfhídrico, que despues de destruir las rocas, deja allí el vestigio claro de su salida, en forma de pequeñas masas, á veces cristalinas, de azufre, y de aquí el nombre que llevan. No es, sin embargo, esta sustancia la única que aparece por el cráter de estos volcanes que pueden llamarse muertos, observándose en el de Vulcano (Islas de Lípari), la sal amoniaco, el mejor ácido bórico que se conoce en el mundo, el selenio, el sulfuro arsénico, etc. En el de Pozzuolo aparece tambien el oropimente y el rejalgar, la coquimbita, el alumbre y otras sustancias curiosas que recogí en abundancia.

Sofioni.—Para completar la historia de las manifestaciones volcánicas con salida de materiales al exterior, conviene que digamos dos palabras acerca de lo que los italianos llaman sofioni, siquiera no participe siempre este fenómeno del carácter volcánico. Existen en Toscana, y particularmente en los montes de Volterra y Massa, ciertas grietas por donde se escapa una gran cantidad de vapor de agua, que produce grandes humaredas, llamadas por los italianos *fumacchi;* el agua, condensándose en la atmósfera, se desprende y forma en los alrededores ciertas lagunas llamadas *lagoni* en el país, que ofrecen constantemente el aspecto de un hervidero.

La salida del vapor de agua suele ofrecer á veces mas violencia, como si quisiera imitar á ciertas erupciones de los geiseres; pero no es esto lo mas importante del fenómeno, sino las sustancias que lleva el vapor de agua en suspension y disolucion, como el gas sulfhídrico, y el ácido carbónico; y entre las fijas, figura en primera línea el ácido bórico, pero no en aquel estado de belleza admirable que tuvimos ocasion de contemplar en Vulcano, sino mas bien en hojuelas y laminitas blancas y mates. A este fenómeno, que hasta cierto punto puede compararse con los azufrales ó volcanes semi-apagados, es á lo que los italianos llaman sofioni, hervideros ó bufadores en castellano; así como á las aguas recogidas, dan el nombre de lagoni ó pequeños lagos.

Fuegos naturales.—Con el nombre de fuegos naturales ó manantiales ígneos, *fontane ardenti* de los italianos, comprenden estos la salida por ciertas grietas terrestres, de carburos de hidrógeno que se inflaman con facilidad, especialmente si se aplica alguna sustancia en combustion. En Italia se observa este fenómeno en Pietramala (Apenino de Bolonia á Florencia) y en Barigazzo, no léjos de Módena. Tambien existe junto al puerto de Bakou en el Caspio; en muchos lugares de la China, y en Fredonia (Nueva-York), donde se sirven de esta sustancia para el alumbrado público.

Aguas minerales.—Cuando las aguas que surgen del interior de la tierra ofrecen una temperatura superior á la del medio ambiente, reciben, como ya queda indicado, el nombre de termales; y aunque esta circunstancia favorece sin género alguno de duda, la incorporacion de sustancias minerales en cantidad suficiente para llamarlas así, sin embargo, hay fuentes frias ó templadas que se denominan tambien minerales por esta misma circunstancia. En este último caso podria parecer algo violento el considerar el hecho como accion volcánica; pero si se tiene en cuenta, primero, que segun Lecoq por aguas minerales se entienden todas las que proceden de la zona de reaccion química terrestre, y segundo, la dificultad suma, por no decir imposibilidad absoluta, de separar las aguas minerales, templadas y frias, de las termales, creo que, siquiera sea la manifestacion volcánica menos activa, en cierto sentido considerada, debemos incluir á las fuentes minerales en el catálogo bastante variado de las actividades subterráneas.

El agua de lluvia, la que procede del derretimiento de las nieves, parte de la que circula por la superficie, cuando encuentra condiciones favorables, como son la permeabilidad del suelo y la existencia de grietas ó hendiduras mas ó menos profundas, penetra en el interior hasta distancias mas ó menos considerables, segun sea la disposicion de los terrenos en grandes masas ó en capas, y segun afecten estas mayor ó menor inclinacion ó buzamiento; determinándose por este curioso procedimiento, la Hidrografía subterránea, caracterizada por rios que la permiten circular, ó grandes depresiones donde forma lagos mas ó menos considerables. Dado este estado de cosas, cuando las superficies impermeables sobre las cuales circula, se interrumpen al exterior, se origina el nacimiento de agua que constituye lo que se llama una fuente de agua natural, que puede verificarse lo mismo en los continentes que en el fondo del mar, de cuyo hecho citaremos varios ejemplos al tratar de la accion de las aguas líquidas. Mas si el curso natural de las aguas se interrumpe al interior, ó por cualquiera circunstancia de las arriba indicadas, las aguas penetran en las profundidades de la tierra ó llegan de otro modo á ponerse en contacto inmediato con la pirosfera terrestre, como sucedió en la famosa erupcion del Jorullo en México, cuya corriente de lava, encontrando á las aguas del rio San Pedro, estas cambiaron de direccion penetrando en el interior de la tierra y apareciendo de nuevo con una temperatura de 37 á 38 grados; en todas estas circunstancias, repito, las aguas aparecen al exterior con el carácter por lo comun termal y casi siempre mineral, ya que la temperatura favorece, con otras circunstancias que en el seno de la tierra concurren, las reacciones químicas que comunican al agua su carácter propio. Sin embargo, es posible que el agua pierda en su trayecto la temperatura que en la zona inmediata á la pirosfera terrestre adquirió, apareciendo templada ó fria, sin dejar por esto de ser mineral en el sentido que á esta palabra se da; pues por otra parte, el agua en sí ya lo es, y sin que esto impida el que pueda y deba considerarse su aparicion al exterior como resultado de la actividad terrestre. De todo lo cual se desprende, que la temperatura de los manantiales puede ser muy variada, desde la media del

ambiente exterior ó inferior de ella, en cuyo caso se llaman manantiales templados y frios, hasta mas arriba de 100 grados, segun indica la siguiente lista:

Caldas de Bohí (Lérida), aguas ferruginosas. Temperatura 25.

Fuente de Elordi (Lazcano, Guipúzcoa), id. 8°.

Id. de la Peña de Lapiritu (en Idiazabal, id.), id. 8°.

Las burgas (1) de Orense (alcalina), 54°,80.

Villavieja (Castellon), acídulo-carbónicas con hierro, desde 28 á 37 grados.

Las caldas de Montbuy (salinas), 56°.

Las aguas de Carlsbad, 73°.

Aguas calientes (Francia), 80°.

La Trinchera (América del Sur), 97°.

Manantial al pié de Vulcano (Lipari), temperatura observada por mí, 98°.

Los sofionis de Toscana, 105°.

Gran geiser de Islandia, 127°.

Por regla general la temperatura es constante ó poco menos en las aguas cálidas ó muy cálidas, y en las minerales cuya temperatura sea próximamente la del exterior, varía menos que la de los manantiales comunes.

En cuanto á la composicion de las aguas minerales, nos limitaremos por ahora á indicar los principales grupos que de ellas se forman, segun su composicion.

Llámase el primero, de aguas acídulas ó gaseosas, por la presencia, sobre todo, del ácido carbónico, circunstancia que no solo les comunica un sabor picante agradable, sino que impelidas las aguas por la fuerza elástica del gas, salen á borbollones, constituyendo lo que se llama entre nosotros, un hervidero, como el de Fuen-Santa, por ejemplo, el de la fuente de Cella (Teruel), cuyo nacimiento se parece mucho al del manantial sagrado de Zuni, en México.

Constituye el segundo grupo, el de las aguas sulfurosas,

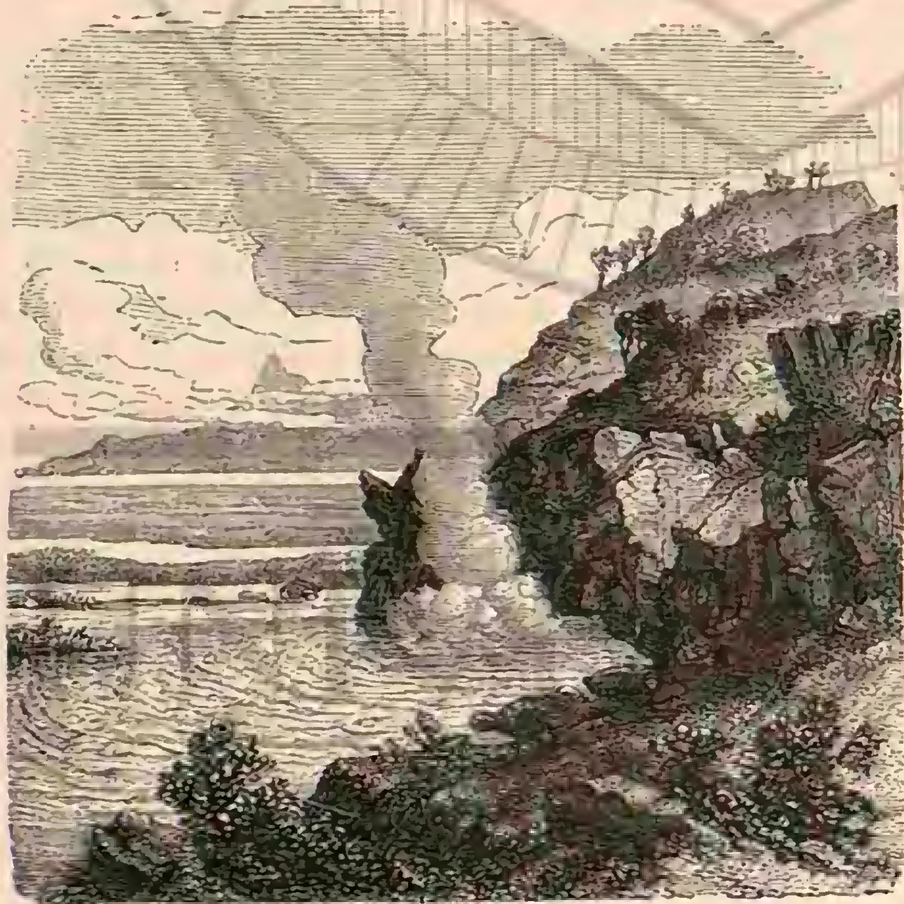


Fig. 10.—Manantial de aguas termales del País de los Mormones

que se distinguen por el olor á huevos podridos, debido á la presencia del hidrógeno sulfurado y de sulfuros alcalinos; muchas son termales, como da á entender la columna de vapor que despide el manantial que representa la figura 10. Hállase situado este manantial á 5 kilómetros de los Santos, capital del país de los mormones, en Utah (América del norte). Su temperatura es superior á 50°; observándose durante el invierno que acuden á sus inmediaciones grandes bandadas de pájaros y hasta los indios mismos para calentarse.

(1) Nombre con que se designa en Galicia á los manantiales termales, sinónimo de Caldas hasta cierto punto.

El tercer grupo es el de las aguas alcalinas, así llamadas por contener carbonato de sosa, que les comunica un sabor amargo especial, y algo picante, las que contienen además ácido carbónico; algunas son termales. En este grupo figuran las aguas de Carlsbad, Vichy, Orense, Verin, etc.

El cuarto grupo es el de las fuentes dichas salinas, por contener sulfatos de sosa, de magnesia y cal, y cloruro sódico, asociadas estas sustancias con bastante frecuencia á sulfuros alcalinos; debiendo citar entre otras, la de Epsom, y Setlidtz, la de Montanejos, Olot, Ponferrada, Vacia-Madrid, etc.

Quinto grupo, es el de las aguas ferruginosas, por contener sulfatos y á veces carbonato de hierro, que les comunican un sabor estíptico especial; desprendiendo algunas ácido carbónico; tal es, por ejemplo, la de Arteaga, Belascoain, Calahorra, Galdácano y mil otras en España.

El sexto grupo es el de las fuentes calizas, por llevar en disolucion cantidades mas ó menos considerables de bi-carbonato de cal, que depositándose en carbonato neutro, dan orígen á incrustaciones calizas muy importantes. De ellas hay muchas en España, y nos ocuparemos detenidamente de su estudio, al tratar de las rocas calizas. En este género uno de los hermosos manantiales que pueden citarse es el de Hierápolis, célebre en la antigüedad, cuyas aguas forman al deslizarse á lo largo de la montaña, una serie de cascadas petrificantes. La figura 11 representa las rocas calizas formadas por el depósito de esas aguas que descienden al valle de Pambou-Kalin (Asia menor).

Por último, llámanse fuentes silíceas, aquellas que llevan la sílice en disolucion, ó en silicato soluble de potasa y sosa, de los que se desprende aquella sustancia, dando orígen á magníficas incrustaciones, por donde las aguas circulan. Por regla general, estas aguas son termales, constituyendo grandes hervideros que solo se diferencian de los geiseres, por no ser arrojadas imitando las erupciones á grandes alturas; sin embargo, tienen tantos puntos de contacto con aquellos, que en rigor no pueden separarse en una clasificacion natural.

Como ejemplo notable debe citarse la fuente y lago situado en Nueva Zelandia. Las aguas brotan de gran número de agujeros, la corriente principal domina el lago en una extension de 35^{m} y llena de golpe una cuenca oval de 80^{m} de circunferencia cubierta de un revestimiento de estalactitas de una perfecta blancura. Al rededor aparecen escalonadas las demás corrientes termales que alimentan la gran cuenca.

Algunos rios, tales como el llamado Negro, el Uruguay, y Cuareim en la América del Sur, llevan tal cantidad de sílice en disolucion, que segun mi distinguido amigo D. Clemente Barrial Posada de Montevideo, es muy frecuente ver en sus orillas convertidos en sílice, los troncos de los árboles, las frutas que caen en el lecho del rio, los huevos de aves, y hasta pedazos de carne.

Esta clasificacion se funda en las sustancias dominantes en las aguas, las cuales con frecuencia contienen gran número de combinaciones químicas, y de cuerpos simples, figurando los siguientes, segun Lecoq, en las analizadas hasta el dia:

Oxígeno	Sílice	Hierro
Hidrógeno	Carbono	Zinc
Azufre	Potasio	Cobalto
Cloro	Sodio	Níkel

Bromo	Litio	Estaño
Yodo	Cesio	Antimonio
Fluor	Rubidio	Titano
Nitrógeno	Bario	Cobre
Fósforo	Calcio	Plomo
Arsénico	Magnesio	Plata
Boro	Aluminio	Oro
	Manganeso	

Por último, es de notar en la mayor parte de las aguas minerales, la presencia de una materia orgánica ú organizable, que adquiere formas propias al poco tiempo de salir las aguas del interior de la tierra, y sobre cuya procedencia é importancia discurriremos en ocasion oportuna.

Respecto á la cantidad de agua que arrojan los diferentes manantiales, y á las sustancias minerales que contienen, así como á la relacion que existe entre el terreno y la naturaleza de dichas sustancias, lo discutiremos al tratar en la Geología industrial del orígen de los filones, tan estrechamente relacionado, segun veremos, con aquellas. Por ahora pondremos fin á estas indicaciones generales, haciendo notar que las aguas mas calientes aparecen ó en los terrenos de rocas cristalinas, ó en los de sedimento primitivos, y tambien en las regiones flégreas ó volcánicas; lo cual confirma la tésis sentada de que estos manantiales constituyen una manifestacion volcánica siquiera la mas débil, en cuanto á la manera de presentarse; pues en lo referente á sus resultados, fácil ha de ser demostrar la importancia suma que el Hidrotermalismo tiene en la Física terrestre.

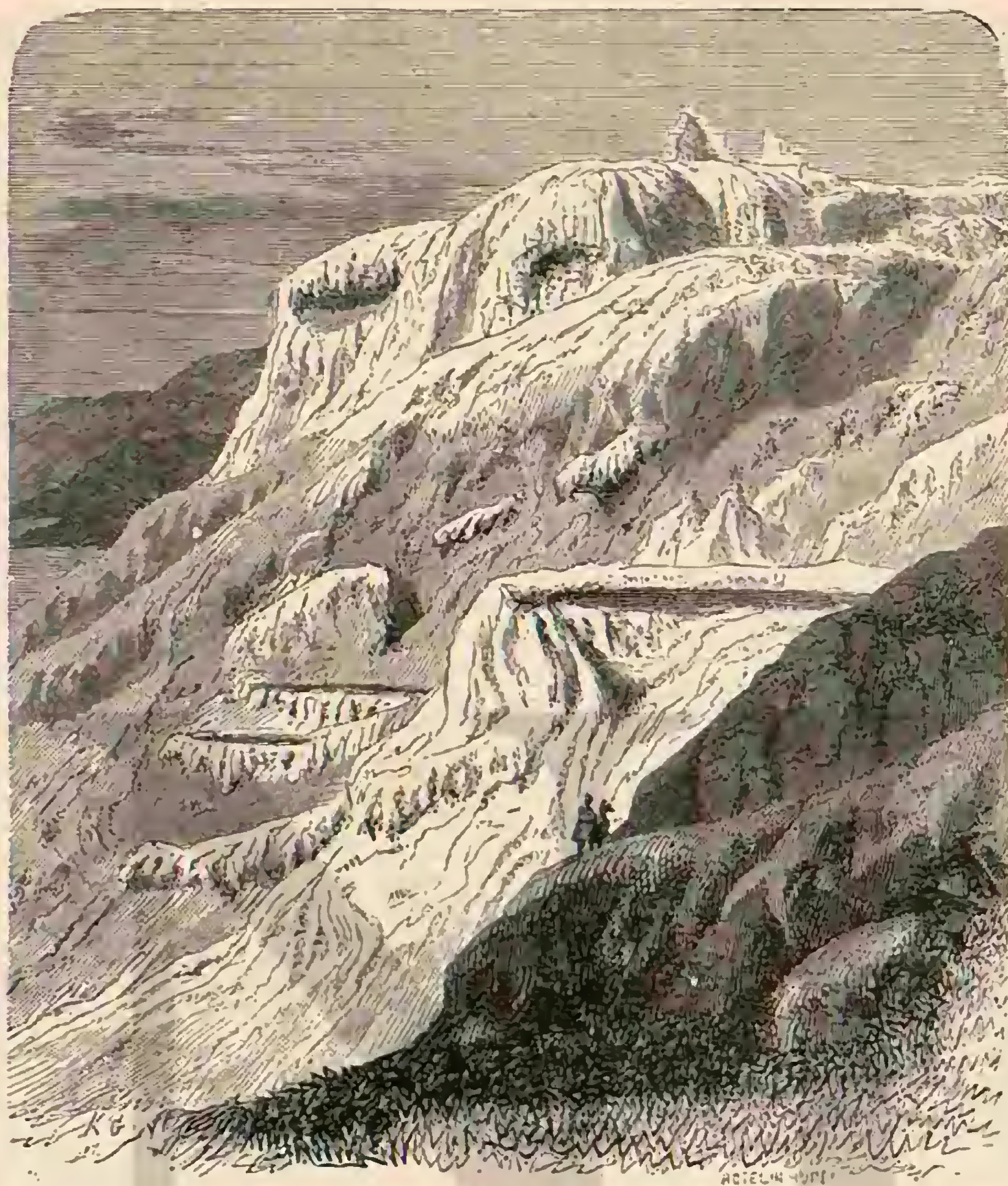


Fig. 11.—Cascada de Pambou-Kalin

IV.—TERREMOTOS

Temblor de tierra, ó terremoto, es un movimiento brusco é instantáneo del suelo que lleva la destruccion por todas partes, y aflige al ánimo mas sereno. A veces se sienten estos efectos de improviso, si bien lo mas comun es que se anuncien por ciertos signos, no siempre los mismos. En Italia llaman *aria di terremoto*, cuando la atmósfera se halla encalmada, triste la luz del sol aunque esté el dia sereno, sintiéndose cierta opresion que vaticina la próxima catástrofe. Suelen desaparecer algunos manantiales, y hasta secarse los pozos; pero ninguno de estos fenómenos puede considerarse como precursor constante de los terremotos. A veces cuando el sol brilla en todo su esplendor, y está el cielo sereno y apacible el aire, es cuando se producen repentinamente esas catástrofes, que convierten en un campo de ruinas y de muerte las campiñas y las ciudades, aniquilando en un abrir y cerrar de ojos, millares de existencias. El espantoso terremoto de Lisboa sorprendió á la capital durante una fiesta, á las nueve de la mañana, en uno de esos hermosos dias que se disfrutan bajo aquel delicioso clima, y precisamente en el momento en que los habitantes se dirigian á los templos. Los temblores de tierra ocurren lo mismo con un cielo sereno, como durante la tormenta; Humboldt no vió jamás que estos fenómenos hayan influido en la aguja imantada, y otro viajero, Adolfo Ermann, observó lo mismo en el terremoto que se sintió en Irkoustk, cerca del lago Baikal, el 8 de marzo de 1829.

El temblor de tierra de Riobamba, ocurrido el dia 4 de febrero de 1797, uno de los mayores desastres de que hace mencion la historia física de nuestro globo, y acerca del cual pudo recoger Humboldt preciosos detalles, tampoco fué precedido de ningun síntoma atmosférico visible.

Con frecuencia acontece que un ruido sordo y atronador acompaña ó sigue á la catástrofe; pero dicho ruido no tiene su orígen en la atmósfera, sino en las entrañas mismas de la tierra; y resulta del crujido de las rocas, que en una extension inmensa ceden á la presion de las lavas inflamadas, reduciéndose á fragmentos.

Lo que mas frecuentemente anuncia el terremoto hasta el punto de poder considerarse ya como su comienzo, es ese ruido sordo subterráneo, que oido una vez, no puede confundirse con ningun otro; pero que es difícil tambien compararle con los que estamos acostumbrados á percibir; pues ni las lejanas descargas de artillería, ni el paso de carruajes pesados por calles estrechas y empedradas, ni el lejano redoble de miles de tambores pueden dar idea clara de él. Aunque segun la teoría que expondremos, parece que este ruido subterráneo forma ya parte del terremoto, y en la mayoría de los casos así sucede, sin embargo, en muchos otros el terremoto sobreviene sin anuncio alguno, como ocurrió en el de Riobamba ya referido, y otras veces el ruido subterráneo se percibe algun tiempo despues del terremoto, como sucedió en Quito ó Ibarra, donde la detonacion percibióse á los 20 minutos despues del terremoto; y en Trujillo, un cuarto de hora despues del temblor de tierra que destruyó la ciudad de Lima el 28 de octubre de 1746.

Sucede por lo comun á este ruido especial, el verdadero temblor de tierra, palabra que refiriéndose al suelo, lo expresa todo: tiembla la tierra, y el hombre, los animales y la naturaleza entera experimentan un terror indescriptible; el

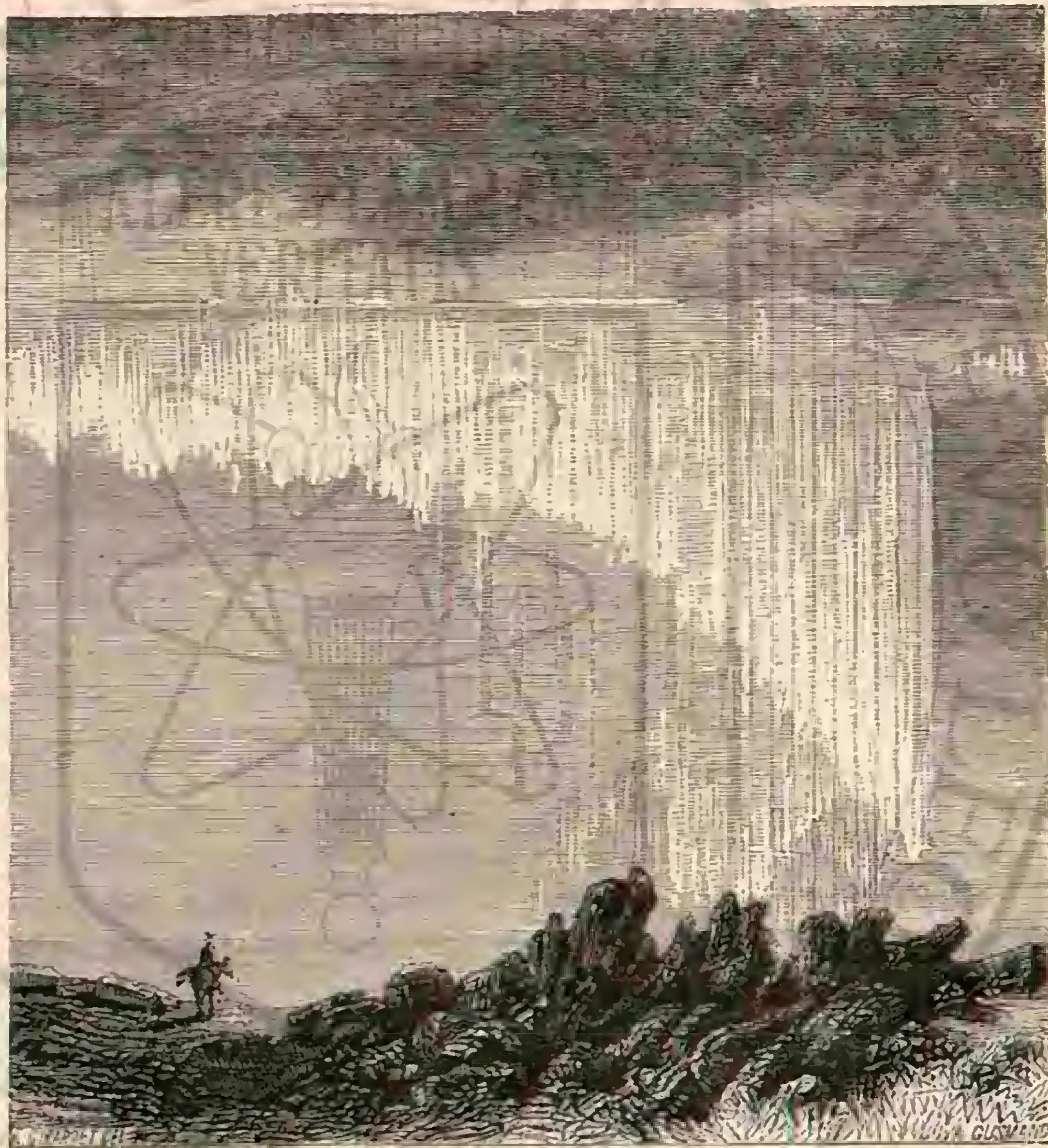


Fig. 12.—Aurora boreal

terreno se cuartea y agrieta formando grandes hendiduras; ábrense simas ó pozos naturales interrumpiendo la circulacion ácuea subterránea; desaparecen montes enteros; derrúmbanse los mas sólidos edificios; y en suma, la comarca que experimenta efectos tan terribles, ofrece la imágen del caos y de la destruccion. No se limitan estos empero á la tierra firme, sino que alcanzan al mar, dejando sentir sus efectos destructores, en las embarcaciones y en las costas, como de ello citaremos varios ejemplos.

Rapidez de los terremotos.—Las sacudidas terrestres en los terremotos, son brevísimas, instantáneas; debiendo atribuir á repeticion del fenómeno, cuando se habla de terremotos que han durado algunos minutos. Las oscilaciones sucédense á veces con brevísimos intervalos; como sucedió por ejemplo en el de 29 de junio de 1873, en el que se experimentaron en Venecia siete movimientos ascendentes y otros tantos en sentido contrario, mediando entre uno y otro un minuto seguido; otras veces se repiten los terremotos con cierto ritmo ó de un modo irregular, durante dias, meses y aun años enteros; debiendo citar el que precedió á la aparicion del Jorullo en México tres meses antes de verificarse la erupcion; y el famoso de Calabria, en el que casi diariamente se experimentaron sacudidas desde 1783 hasta fines de 1786; habiendo contado Pignatore hasta 942 sacudimientos en el primer año: lo singular es que en algunos terremotos continúan los ruidos subterráneos bastante tiempo despues, como se observó en el ocurrido en el Canton del Valle (Suiza) en 1855, cuyos rumores subterráneos duraron hasta 1862. Estas oscilaciones á veces se circunscriben á regiones limitadas, como suele suceder en los precursores de las erupciones, y en este caso, los terremotos se llaman locales; al paso que otras, ó se experimentan en grandes extensiones de terreno en el mismo momento, como es frecuente á lo largo de la cordillera de los Andes, ó partiendo de un punto, se propagan con rapidez vertiginosa á comarcas sumamente extensas, como se observó en el por tantos conceptos fatal de Lisboa, cuyos efectos se manifestaron en casi toda la Europa, en el Norte de Africa, en la costa americana del Norte, y en varias islas del Atlántico; recibiendo en estos dos últimos casos el terremoto, el nombre de general.

Aun cuando sea muy difícil hacer observaciones exactas, que puedan servir de fundamento á cálculos mas ó menos aproximados, tocante á la velocidad con que se propaga la onda seismica, sin embargo, Humboldt la estimaba en 4 ó 5 miriámetros por minuto, lo cual equivale á 660 ú 830 metros por segundo; y Cárlos Deville asegura que en el terremoto de la Guadalupe ocurrido en 1843, las oscilaciones llegaron á Santa Cruz con una velocidad de 925 metros por segundo,

á Santhomas con una rapidez de 2,566 metros, y á Cayena á razon de 3,788; lo cual daria una velocidad media de 2,426 metros.

Las oscilaciones de los terremotos, parecidas á las ondas sonoras, con las que muy oportunamente las compara el Dr. Young, partiendo de un centro de sacudimiento que casi siempre es un punto circunscrito, y raras veces una línea, pueden ser verticales, horizontales y giratorias ó circulares. Si el punto del primitivo sacudimiento es profundo, y no muy enérgico, las oscilaciones son débiles, y solo se perciben en el fondo de las minas y grietas terrestres, llegando apenas á la superficie; pero si aquel se encuentra mas somero, el movimiento es vertical; obrando en este sentido en los puntos situados encima, haciéndose poco á poco oblicuo y hasta horizontal, á medida que se aparta la onda del punto de impulsion. Por último, si el terremoto arranca de zonas muy profundas é inmediatas á la pirosfera terrestre, el movimiento se percibe en sentido vertical en toda la comarca afligida por tan espantoso fenómeno. Ahora bien, es por desgracia sobrado frecuente el que todos estos movimientos se compliquen entrecruzándose y dando orígen al movimiento circular ó de torbellino, el mas terrible de todos, como resultante de muchas conmociones simultáneas partiendo de centros distintos y colocados en profundidades y distancias desiguales. Un ejemplo notable de esta última clase de movimiento, lo ofrecen dos pirámides existentes en el convento de San Bruno, en las cuales, despues del terremoto de Calabria, observóse que de las tres piedras de que se componian, la inferior habia sido dislocada, y la media y superior habian dado un cuarto de conversion sobre las que les servian de base.

Seismómetro.—Así se llama el aparato inventado para apreciar la direccion de las oscilaciones en los terremotos; el cual consiste en una vasija en la que se coloca mercurio, hasta enrasar con unos agujeros orientados perfectamente á los cuatro puntos cardinales del horizonte, en el punto donde se sitúa, yendo á parar el mercurio que se derrama por efecto de la ondulacion, en unos pequeños recipientes situados debajo de cada agujero.

Estaciones mas propicias á los terremotos.—Respecto á la estacion en que estos se presentan con mas frecuencia, aunque en rigor puede decirse que en todas se experimentan, sin embargo, segun resulta de las repetidas y asiduas observaciones de varios geólogos, y en particular del Sr. Perrey, de Dijon, resumidas en los cuadros adjuntos, son mas frecuentes en el invierno y el otoño y en los equinoccios y solsticios. Mas adelante veremos las consecuencias que de estos datos deduce tan eminente físico.

CUADRO DE LOS TERREMOTOS OCURRIDOS EN TODO EL GLOBO

AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
1844	10	9	9	7	7	9	7	8	5	3	4	8	86
1845	11	6	5	5	6	3	6	6	9	11	6	11	85
1846	7	5	10	3	4	4	6	10	5	7	8	8	77
1847	5	4	9	6	2	2	6	9	4	10	5	4	66
	33	24	33	21	19	18	25	33	23	31	23	31	314
	INVIER.			PRIMAV.			VERANO			OTOÑO			
	90			58			81			85			

TERREMOTOS EXPERIMENTADOS EN LAS CUENCAS

MESES	Rhin	Francia y Bélgica	Ródano	Danubio
Diciembre y enero (solsticio de invierno)......	133	161	50	57
Marzo y abril (equinoccio de primavera).....	81	108	26	30
Junio y julio (solsticio de verano)............	65	83	20	45
Setiembre y octubre (equinoccio de otoño)	72	98	32	39
TOTAL........	351	450	128	171

Son tantas las observaciones recogidas por este diligente geólogo de Dijon, que no solo ha logrado formar con ellas una importantísima estadística, sino tambien una ciencia nueva llamada Seismica, rama desprendida de la Geología, y que está llamada á prestar grandes servicios á la física terrestre.

Entre los fenómenos meteorológicos que preceden y acompañan á los terremotos, y cuya relacion con estos hasta el presente no ha sido fácil explicar, figura en primera línea la lluvia, á veces torrencial, originando verdaderas inundaciones; siendo tan frecuentes, sobre todo en la América del Sur, que sus habitantes las reciben como compensacion de los estragos que aquellos ocasionan. Sin embargo y aunque la lluvia suele preceder á veces, no debe en mi concepto considerarse como causa eficiente de los terremotos, que segun veremos hay que buscarla en la actividad propia del globo; siendo aquella mas bien efecto de los trastornos atmosféricos que estas operaciones naturales determinan.

Tampoco es raro observar la aparicion de bólidos ó globos de fuego en la atmósfera, como entre otros casos refiere el Dr. Pilla el que acompañó al terremoto ocurrido en Toscana en 1846; Sarti y Soldani citan otros en Italia; y las auroras boreales, en los países del Norte, segun se observó en el terremoto ocurrido en Noruega el 24 de mayo de 1847. Como ejemplo de este curioso fenómeno, debido segun se cree á la accion electro-magnética terrestre y enlazado tal vez con los terremotos, véase la figura 12.

Explicacion del fenómeno.—Sin perjuicio de entrar en mayores detalles al estudiar las causas del volcanismo, importa consignar aquí, que la explicacion mas sencilla de los terremotos es la del Dr. Young, quien los compara á una onda sonora producida por un choque en cualquier punto del interior de la costra sólida del globo, propagándose con la misma rapidez que el sonido, de capa en capa hasta la superficie, la cual experimenta todos sus efectos, por no tener ya otro cuerpo sólido á quien trasmitir el impulso recibido. Para mejor comprender esto, hay que recordar que, segun enseña la Física, los cuerpos sólidos tales como las maderas, los metales y las piedras, son tan buenos conductores del sonido que trasmiten mucho mas pronto que el aire y los gases las ondas sonoras; como fácilmente puede uno convencerse colocando al extremo de una larga viga un reloj de bolsillo, y aplicando el oido al otro extremo, donde se percibe perfectamente, cuando á través del aire no se oye nada. En confirmacion de lo cual refiere Humboldt que en Caracas, en las llanuras de Calabazo, y en las llanuras del rio Apure, afluente del Orinoco, es decir, en una extension de 1,300 miriámetros cuadrados, oyóse una espantosa detonacion en el momento en que un torrente de lava salia del

volcan San Vicente á una distancia de 120 miriámetros, lo cual es como si las erupciones del Vesubio se oyeran en Paris. De esta ingeniosa teoría, fácilmente se desprende que el ruido sordo subterráneo que casi siempre precede al terremoto, puede considerarse como el sonido determinado por el primer choque trasmitido por los materiales terrestres hasta la superficie; la cual, no pudiendo ya comunicar la oscilacion á otros cuerpos sólidos, y sí solo á la atmósfera, es la que experimenta sus terribles efectos, como sucede con la última bola de billar, que es la que mas se aparta del sitio que ocupa por el movimiento que recibe de las otras.

Reseñemos ahora, en breves frases, los principales efectos físicos de los terremotos, para lo cual será muy conveniente considerarlos primero en las aguas, y luego en las tierras.

En las aguas que circulan por los continentes, aunque no tanto como en estos, déjanse sentir los efectos de los terremotos; en unos puntos desaparecen ó disminuyen considerablemente los manantiales, y hasta pierden ó cambian sus propiedades las aguas minerales; los arroyos suelen desviarse de su curso y hasta desaparecer su caudal en las grietas que el terremoto abre; otras se depositan en depresiones producidas por el terremoto mismo, formando lagos á expensas de otros que se desecan. En el terremoto ocurrido en febrero de 1855 en Brusa, todas las fuentes termales, y algunas que no lo eran, desaparecieron durante seis dias; en otros sacudimientos experimentados en abril se agotaron los manantiales comunes, aumentando el caudal de los termales, apareciendo aguas calientes, aunque su duracion no fué larga; hasta en los pozos artesianos déjanse sentir estos efectos, enturbiándose á veces las aguas, como se ha observado recientemente en el de Passy, ó alterándose el caudal y á veces hasta la temperatura.

En los mares, los efectos, aunque menores que en los continentes, son mas considerables que en las aguas que circulan por estos: los buques experimentan á veces fuertes sacudidas; agítanse las aguas levantando inmensas olas, que retirándose primero de la costa, vuelven despues furiosas contra ella, destruyéndolo todo. Muchos casos pudieran citarse en confirmacion de lo que acabamos de indicar, pero el mas notable entre todos es el ocurrido en la famosa roca Scyla, en el terremoto de Calabria, donde desprendiéndose primero enormes peñascos de la escarpada ribera, redujeron á ruinas muchas casas de campo llamadas villas, con sus hermosos jardines.

Despues de la sacudida del 5 de febrero, que se sintió á eso de la una de la tarde, el príncipe de Scyla aconsejó á muchos de sus vasallos que abandonasen la ribera y se refugiaran en las barcas pescadoras á fin de evitar un nuevo desastre, y él mismo se trasladó á una sin la menor desconfianza; pero á eso de la media noche y cuando una parte de los habitantes dormia tranquilamente en el fondo de aquellas, experimentóse una nueva sacudida, desprendiéronse algunas rocas, y poco despues las olas, que se habian elevado á seis metros de altura, se precipitaron furiosas sobre la orilla arrastrando cuanto encontraron delante, y retirándose por breves momentos para volver luego con mas violencia. Todas las barcas se fueron á pique ó se estrellaron contra la costa, y aun se encontraron algunas en el interior de las tierras. El anciano príncipe de Scyla pereció con 1,430 calabreses. En el terremoto ocurrido en Lisboa en 1.° de noviembre de 1755, las aguas retiráronse primero, y luego, elevándose á muchos metros de altura, volvieron contra la ciudad, en la que causaron grandes destrozos: en la costa de España, en Cádiz, se elevaron las aguas mas de 20 metros; en Irlanda, en el puerto de Kinsale, varios buques fueron lanzados á la plaza del mercado; en Inglaterra y Escocia, los lagos y los rios se agitaron de un modo extraordinario; las corrientes termales de Toeplitz se retiraron y volvieron despues coloreadas por sales ferruginosas inundando la ciudad; en Tánger se agitó el mar tan extraordinariamente que franqueó diez veces consecutivas sus ordinarios límites; en la isla de Madera se elevó el Océano 18 metros sobre su nivel; y por último, en las pequeñas Antillas, donde la marea no excede de $0^{m},75$, despues de tomar el agua el color de la tinta, se elevó á 7 metros.

Pero donde verdaderamente son horribles los estragos causados por los terremotos, es en los continentes; observándose que unas veces son transitorios y otras permanentes. Entre estos últimos debemos citar el levantamiento en masa en 1822 de la costa de Chile, en la extension de mas de 100 leguas, llegando en Valparaíso á un metro, y en otros puntos á $1^{m},30$ la diferencia de nivel. En 1855 la costa de Nueva Zelanda sufrió tambien un levantamiento parcial, llegando en algunos puntos hasta tres metros. El grupo volcánico de Santorino en Grecia ofrece tambien ejemplos muy notables de separacion de islas, hundimiento de tierras y aparicion de otras nuevas. El 19 de junio de 1819 un terremoto ocurrido en el Delta del Indo, destruyó la ciudad de Bondij y sumergió en el mar una superficie de 242 leguas cuadradas, con la poblacion y fuerte de Sindré, del cual solo un torreon atestigua su existencia.

En el ya citado terremoto de Calabria ocurrieron tambien movimientos y accidentes del suelo verdaderamente notables: junto al pueblo de Rosarno abriéronse cavidades circulares semejantes á pozos, que aparecian algunas veces llenas de agua hasta la profundidad de seis metros; pero con mas frecuencia llenas de arena.

Cerca de otro pueblo llamado Soriano, abrióse una grieta de mas de un metro de anchura y medio kilómetro de largo, y otra parecida cerca de Polistena. En Jerocarne agrietóse el terreno á la manera de un cristal roto por una piedra ó proyectil (fig. 13). En Casalnovo hundiéronse los terrenos, abriéndose en los que conservaban su nivel grandes grietas de un metro de ancho y de una extension considerable. Por último y para no cansar demasiado al lector, citaremos el abismo que se abrió á una legua de Oppido, en el que desapareció el pueblo de Castellace, segun se ve en la fig. 14.

En cuanto á las ruinas ocasionadas en los edificios son innumerables; no resistiendo á tan terribles sacudidas las obras mas sólidamente construidas.

Regiones afectas á los terremotos.—Es tal el enlace que existe entre las diversas manifestaciones volcánicas, que los terremotos son tanto mas frecuentes cuanto mayor es el número de volcanes, sobre todo en actividad. Notables ejemplos de ello tenemos en la península, donde forma contraste la rareza de estos fenómenos en la parte central de ambas Castillas, con la frecuente repeticion en la costa este y sudeste y en especial en Orihuela y Murcia, efecto de la proximidad de los volcanes de cabo de Gata y de las islas Columbretes. Grecia, Italia y el sur de América, pueden citarse tambien como regiones predilectas.

Distribucion de los volcanes.—Los volcanes, como los terremotos, ó por lo menos las comarcas en que con mas insistencia se experimentan, pueden dividirse en las regiones siguientes:

Primera. Del Pacífico, que se extiende desde las costas de Chile, siguiendo los Andes, el Kamtschatka, hasta el Japon y Filipinas. Cuéntanse en ella mas de 200 volcanes y entre ellos los mayores conocidos: los terremotos suelen ser terribles.

Segunda. La Mexicana y de las Antillas, corta á la anterior en ángulo casi recto; figuran entre los volcanes mas no-

tables el Jorullo y el Popocatepetl, este de 5,400 metros de altura; tampoco son raros los terremotos.

Tercera. La de Islandia y Groenlandia, entre cuyos primeros se observan los famosos géiseres.

Cuarta. La Atlántica, que comprende 18 ó 20 grupos de volcanes insulares, como los de Madera, Canarias, Fernando Póo, Annobon, Santa Elena.

Quinta. La Mediterránea, en la que figuran el Etna, Stromboli y el Vesubio, las islas de Santorino en Grecia, los volcanes del mar Muerto, y tambien los de nuestro litoral, siquiera estos pertenezcan al grupo de apagados; los terremotos son frecuentes.

Sexta. Africana: en el centro de Africa, en la cordillera Camerum á 4°12′ latitud Norte, existe el volcan llamado Mongomaleba, que parece estuvo en erupcion el año 1838; hállase situado en una falla, que sigue la direccion de las islas de Fernando Póo y Annobon, tambien volcánicas.

Séptima. Asiática, en la que se encuentran volcanes situados á poniente y en el centro de Asia, y algunos en el Celeste Imperio dieron pruebas de su actividad en tiempos



Fig. 13.—Grieta cerca de Jerocarne

recientes, los cuales por su distancia al mar del Japon, que es el mas próximo (doscientas cincuenta leguas) bien pueden considerarse como esencialmente continentales.

Completarán estas consideraciones generales acerca de los volcanes, los siguientes cuadros de Humboldt:

NÚMERO Y DISTRIBUCION DE LOS VOLCANES ACTIVOS EN EL GLOBO SEGUN HUMBOLDT (1)

I.	Europa		7	4
II.	Islas del Océano Atlántico		14	8
III.	Africa		3	1
IV. V.	Asia continental	Asia occidental y central	11	6
VI.		Península de Kamschatka	14	9
VII.	Islas del Asia oriental		69	54
VIII.	Islas del Asia meridional		120	56
	Océano Indico		9	5
IX.	Mar del Sur		40	26
	América continental	Chile	24	13
		Perú y Bolivia	14	3
		Quito y Nueva Granada	18	10
		América central	29	18
		México al S. del rio Gila	6	4
		Parte N. O. de la América al N. del rio Gila	24	5
X.	Antillas		5	3
		Total	407	225

(1) Los números de primera fila se refieren á los volcanes de actividad histórica, por decirlo así; mientras los de la segunda indican los que han hecho erupcion en el siglo actual ó en la última mitad del anterior.

CUADRO IPSOMÉTRICO DE LOS VOLCANES

Isla Cosima (Japon)	250 metros
Gunung Api (Montaña de fuego)	593 »
Stromboli (Sicilia)	661 »
Epomeo (Isquia)	765 »
Vulcano	800 »
Vesubio	1,184 »
Jorullo (México)	1,202 »
Puy de Dome (Francia)	1,477 »
Hecla (Islandia)	1,557 »
Cantal (Francia)	1,857 »
Mont Dore (idem)	1,895 »
Gedè (Java)	2,766 »
Kamtchtskaja	3,000 »
Etna (Sicilia)	3,321 »
Pico de Teide (Tenerife)	3,800 »
Puracé (Nueva Granada)	4,600 »
Pichincha (Quito)	4,700 »
Popocatepetl	5,400 »
Arequipa	5,600 »
Cotopaxi	5,753 »
Antisana	5,833 »
Sahama	6,825 »

V.—OSCILACIONES DE LOS CONTINENTES

En contraposicion á los movimientos bruscos é instantáneos, se presentan las oscilaciones lentas y seculares que experimentan los continentes, y en especial las costas. La del Báltico fué la primera en que se notó este hecho singular indicado por Celsio y confirmado por la Academia de Upsal, en el puerto de Vassa, hácia el año 1742. En estos y otros datos, recogidos por sí mismo, se fundaba Linneo para establecer como principio que la costa de Suecia descendia un pié próximamente por siglo. Ciento veintisiete años despues, es decir en 1869, un modesto profesor de Istad (Escania), el

doctor Bruzellius, comunicaba al congreso de Geología y Arqueología prehistóricas, que se celebró en Copenhague, curiosas observaciones recogidas en las obras de aquel puerto, que confirman de la manera mas decisiva los vaticinios del eminente naturalista sueco. Atraidos por la fama de aquel punto, lo visitamos terminado el congreso, viendo con nuestros propios ojos cuanto aquel habia expuesto á la docta asamblea: mas tarde, en Udewalla, vimos el ejemplo mas clásico que en esta materia puede citarse. Con efecto, en el sitio llamado Kapellebake (capilla de la colina), situado á setenta y dos metros sobre el nivel del Fyord, existe sobre las rocas pulimentadas y estriadas por las nieves perpetuas un depósito de moluscos fósiles, siquiera las especies viven aun hoy, pero en latitudes mas altas, que se formó en el fondo del mar despues de la primera época glacial. Este hecho supone un primer hundimiento del suelo escandínavo, seguido de otra oscilacion en sentido inverso en una escala considerable, lo cual supone un espacio de tiempo muy grande.

En Cedarslund, no léjos de Udewalla, se observa lo mismo, si bien á ciento cuarenta metros sobre el nivel del mar.

En los alrededores de Cristiania, capital de Noruega, existen depósitos análogos, pero á doscientos y mas metros de altura.

En Escocia, las antiguas playas del mar dejaron sus huellas impresas en líneas onduladas paralelas, y situadas á 266 y 359 metros, en montes próximos á la costa, á las cuales llaman las gentes del país caminos paralelos y tambien de Fingal, célebre héroe de la antigüedad escocesa.

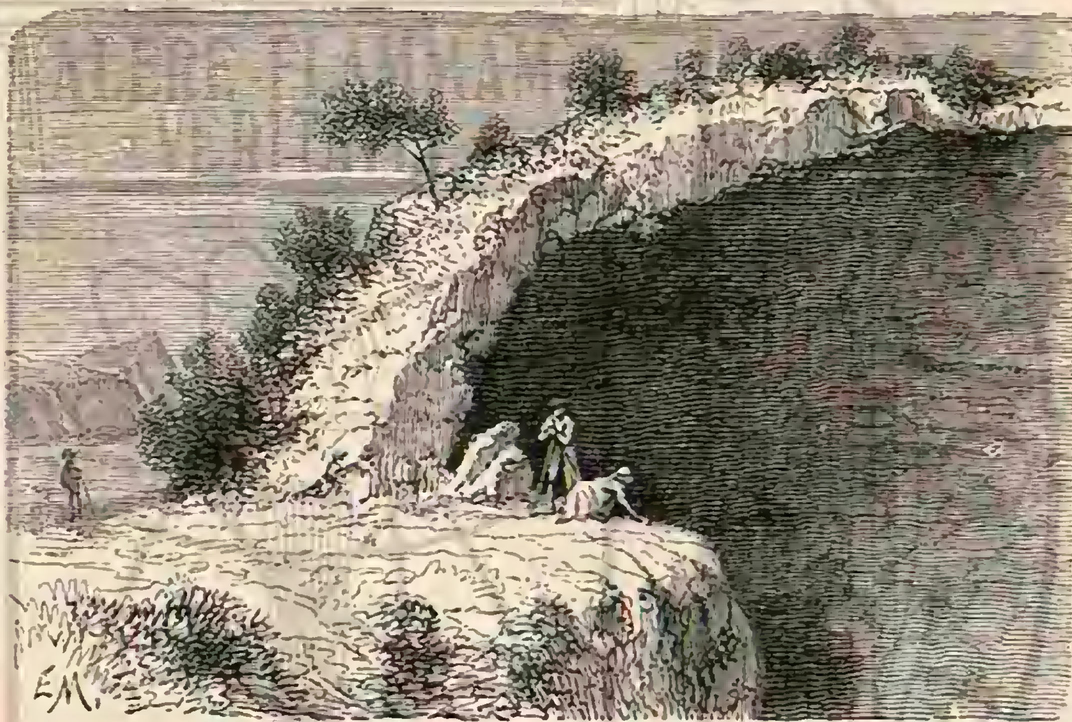


Fig. 14.—Abismo cerca de Oppido

Si de las regiones frias del Norte nos trasladamos á las cálidas y bellas costas de Italia, veremos en la punta de Milazzo, á unos 33 metros sobre el nivel del Mediterráneo, en Monte Olibano, junto á Pozzuolo, á diez ó doce metros, y en otros puntos, á distintos niveles, la fauna marítima actual, lo que evidentemente prueba que tambien aquella parte de nuestro continente se halla sujeta á dichas oscilaciones. Y de que esto se ha verificado en tiempos modernos, tenemos la prueba, no solo en lo reciente y actual de la fauna que allí se encuentra, sino tambien en el puente ó puerto de Calígula (Golfo de Pozzuolo) y en el famoso Templo ó Termas de Serapis, entre cuyas ruinas tuve en 1852 el gusto de ver tres columnas de una sola pieza de una roca, que daremos á conocer con el nombre de Cipolino, las cuales, hallándose aun en posicion vertical, ofrecen á la altura de unos dos metros una faja, como de otros dos llenos de agujeros practicados por conchas, cuyos animales, viviendo en el nivel mismo del agua, establecen allí su vivienda. Ahora bien, datando este monumento del tiempo de los primeros emperadores romanos, las condiciones que hoy ofrece claramente indican una doble oscilacion en el suelo, de hundimiento primero y de levantamiento despues.

Tambien en nuestra Península se ven en varios puntos hechos de esta naturaleza, pudiendo citar entre otros el observado por mí en la costa de Alcalá y Torreblanca, en el ameno sitio de recreo denominado Alcoceber, donde existen á uno y dos metros sobre el nivel del mar varios horizontes, cuyas piedras se hallan literalmente acribilladas de agujeros abiertos por *gastrochenas*, *lithodomus* y otros moluscos, que viven en la piedra misma bañada por el agua, y cuya existencia á la altura indicada prueba un levantamiento de la costa, que es lo mas probable, ó el hundimiento del mar. No pasaron ciertamente desapercibidas estas manifestaciones de la actividad terrestre á nuestros antepasados; debiendo citar entre ellos al eminentísimo padre Feijóo, el cual, en su *Teatro crítico y cartas eruditas*, dice que en muchas tierras, aun sin el trascurso de muchos años, se ha observado levantarse el suelo en una parte y humillarse en otra; advirtiendo que de tal sitio se descubria antes un collado ó torre ó poblacion, y despues se cubre y al contrario; citando en apoyo que á una legua corta de Rioseco hay un monasterio, que por su patrono llaman San Mauro, desde el cual descúbrese enteramente el lugar.

«Pero siendo yo mozo, dice Feijóo, me aseguraron como cosa de evidente novedad en el país, que cincuenta ó sesenta años antes, solo se descubrian desde San Mauro las puntas de las torres de la iglesia.»

El padre Torrubia, en su curiosísimo Aparato para la Historia natural española, dice textualmente: «Dista de Madrid tres leguas el lugar de Majadahonda, cuyos alcaldes y viejos hacen ver á los religiosos, que así lo cuentan, toda la iglesia y lugar entero de Brunete, distante de allí como dos leguas, desde la puerta de su iglesia, asegurándole que cincuenta años antes, desde allí mismo, solo se veia el chapitel de la torre.»

El Sr. Botella, distinguido ingeniero de minas, en una nota leida en la Sociedad española de Historia Natural, entre otras cosas, dice: «Dos hechos idénticos tuve yo mismo lugar de citar en comunicacion de 18 de mayo de 1870 á la Academia de Ciencias de Paris con relacion á las provincias de Zamora y de Alava.

»En la primera se nota que desde Villar Don Diego se

descubria entonces la mitad de la torre de la iglesia de Benifaves en la provincia lindante de Valladolid, en tanto que en 1847 (23 años antes) apenas se veia la punta del citado campanario.

»Igual fenómeno se reproducia y con la misma intensidad y circunstancias en la de Alava, observando que desde la villa de Salvatierra se descubria entonces por completo el pueblo de Zalduelade, en tanto que en 1847 se percibia escasamente la veleta de aquel mismo campanario.»

El Sr. Areitio, ayudante del Museo de Historia Natural de Madrid, dió á conocer tambien en la sesion celebrada por la Sociedad española de Historia Natural en 2 de julio de 1873 varios hechos de esta misma naturaleza, bservados en Cádiz y poblaciones inmediatas, Almuñécar, Avilés, Santoña y otros puntos de la costa, así de las provincias meridionales como de las del Norte de nuestra Península.

Lo anteriormente expuesto basta, en nuestro concepto, para llevar al ánimo del lector la conviccion de la movilidad de la costra sólida, lo cual por otro lado tampoco tiene nada de extraordinario, si se tiene en cuenta la enorme desproporcion que existe entre el débil espesor de aquella y la inmensa masa que constituye la pirosfera terrestre. Discurriendo el Sr. Vezian en su *Prodromo de Geología* sobre materia tan importante, admite los seis órdenes de movimientos terrestres, dando á cada uno de ellos la significacion é importancia que vamos á indicar.

1.° Seísmicos ó vibratorios, que corresponden á los terremotos.

2.° Ondulaciones, equivalentes á las oscilaciones lentas de los continentes que acabamos de describir, los cuales han ejercido en la sedimentacion una muy poderosa influencia, preparando las sinuosidades donde se depositan los materiales de acarreo; tambien contribuyen á la formacion de los atolones y arrecifes de coral, y á determinar la alternancia de formaciones marinas y terrestres que en ciertos terrenos, como el de Paris, se observan.

3.° Oscilatorios, que son, respecto á los anteriores, lo que la marea al oleaje, por la mayor superficie que alcanzan. Refiérense á este grupo de movimientos las repetidas emergencias é inmersiones que caracterizan la historia terrestre.

4.° De tumefaccion, cuyo modo de obrar es todavía mas lento, determinando centros de levantamiento y de sedimentacion en las masas continentales; las masas de ambas Castillas son un buen ejemplo de estos movimientos.

5.° Orogénicos, que son los que, obrando mas ó menos bruscamente y en sentido lineal, han ocasionado el sistema de levantamientos de montañas, las fallas, saltos, resbalamientos y otros accidentes análogos.

6.° y último. De hundimiento general de la costra sólida por solidificacion y cristalizacion, de todo lo cual deduce este geólogo que la costra sólida no solo es muy movediza, sino tambien flexible en alto grado como resultado de la accion combinada del calor, de la presion y del agua, y que su espesor no excede tal vez de veinte kilómetros.

VI.—CAUSAS DEL VOLCANISMO

Si se tiene en cuenta el enlace que entre todas las manifestaciones volcánicas existe, el carácter universal que estas ofrecen, y las íntimas relaciones que las armonizan con la formacion de las montañas plutónicas ó hidrotermales, deberá forzosamente convenirse en que las causas de tan terribles efectos no pueden en manera alguna ser locales. Así es que hay que rechazar por insuficientes las teorías que se fundan, primero, en la descomposicion de las piritas, apoyada en el famoso volcan artificial de Lemery; segundo, la que hacia intervenir á las materias combustibles, como queria la escuela de Werner; tercero, la del famoso químico inglés Davy, y del eminente Gay-Lussac, que los referian á la descomposicion de las bases alcalinas, sosa y potasa, y de los cloruros por la intervencion bastante problemática de las aguas del mar; y todas aquellas, en suma, que se refieren á causas circunscritas y pequeñas. Por el contrario, las teorías geodinámicas, geodinámico-química y geo-cósmica parten del estado que ofrece la materia pirosférica terrestre, diferenciándose tan solo en que mientras la primera se funda en la accion propiamente física de la masa ígnea, la segunda hace intervenir á ciertos agentes que obran de un modo químico, y, por último, la tercera estriba en los movimientos del interior del globo, determinados por la atraccion lunar, causa principal de las mareas á la superficie, teorías que son mas lógicas y dan una explicacion satisfactoria de todos los hechos volcánicos.

La geo-dinámica, hija de las ideas Huttonienses, ofrece dos variantes, la una debida al eminente profesor del Jardin de plantas Sr. Cordier, y la otra inventada por los ilustres autores del mapa geológico de Francia, Dufrenoy y Elie de Beaumont, y sancionada por Humboldt y Debuch sus maestros. Cordier atribuye todas las manifestaciones volcánicas al enfriamiento de la costra sólida y á la consiguiente presion que esta ejerce sobre la masa pastosa ígnea; siendo el volcanismo, en sentir de este geólogo, una mera manifestacion termal, ó simples efectos termométricos terrestres. Cordier ha calculado que la retraccion capaz de disminuir el radio terrestre de un milímetro, llegaria á determinar quinientas erupciones violentas.

La segunda es debida á Dufrenoy y Elie de Beaumont, los cuales, partiendo tambien del orígen ígneo y consiguiente enfriamiento terrestre y de la presion enorme que la capa exterior ejerce sobre la masa interna, explican el volcanismo suponiendo que muchas sustancias gaseosas ó líquidas deben existir en el interior del globo en estado sólido, lo cual determina una extraordinaria tension hasta el momento en que encuentran algun punto donde la presion que experimentan disminuye mas ó menos rápidamente, en cuyo caso, adquiriendo con lentitud ó presteza su estado primitivo, determinan, segun la violencia de este tránsito, ora las oscilaciones, ya los terremotos, los levantamientos ó las erupciones. Este fué el fundamento racional de la célebre teoría de los levantamientos, en los cuales distinguen el levantamiento propiamente dicho, del cono y cráter de erupcion, segun que la causa determinante de estos fenómenos permanece oculta en el interior del globo, ó bien aparece á la superficie.

Para completar esta variante, el Sr Martha Becker admite una atmósfera subterránea entre la capa externa consolidada y el núcleo interior del globo, compuesta de sustancias gaseosas unas, por efecto de la presion disminuida; líquidas y hasta sólidas otras, pero que solo conservan este estado, merced á la presion que allí experimentan. Parte además del supuesto que la topografía interna de la capa sólida del globo es irregular y accidentada; de donde la consecuencia natural de que cuando esta atmósfera, que supone en movimiento, penetra en una gran cavidad, como deben serlo los recipientes ó focos volcánicos, cambiando bruscamente de estado, producen un gran sacudimiento, que se manifiesta al exterior en forma de terremoto, de levantamiento ó de erupcion.

Esta teoría, por demás ingeniosa, sin hallarse por esto exenta de dificultades, es sin embargo incompleta, pues reducida á lo puramente dinámico, se olvida de la parte química que, como es sabido, en las erupciones y azufrales es muy de tener en cuenta.

Teoría geo-cósmica.—El Sr. Perrey, á quien se debe la creacion de un ramo nuevo dentro de la Geología, esto es, la Seísmica ó ciencia de los terremotos, partiendo del estado pastoso ó flúido de la pirosfera terrestre, admite que la atraccion lunar no se limita á los mares exteriores, sino que poniendo en movimiento al Océano ígneo interno, éste ofrece tambien mareas en las cuales, chocando la masa pastosa contra las paredes internas de la costra sólida, se determinan todos los efectos del volcanismo. Sin oponerse esta teoría á las anteriormente enunciadas, debe admitirse como muy atinado complemento.

Teoría geo-química.—Falta, sin embargo, algo para explicar y darse razon cumplida de todas las reacciones químicas que en la region volcánica, antes, durante y despues de las erupciones se verifican, y que dan por resultado el número prodigioso de sustancias minerales, que en el volcan activo, y en el semiapagado se forman, lo cual nos ha hecho ya decir mas de una vez, que bajo este punto de vista, el volcan en estas condiciones es un inmenso laboratorio químico natural.

La accion del agua que circula por el interior del volcan, y cuando este es litoral ó insular, la mas enérgica aun de la del mar, basta, segun el desgraciado Pilla, para darse razon de gran parte del quimismo volcánico. Y si á esta causa agregamos la poderosa influencia magnética terrestre, como queria nuestro Feijóo, y la no menos eficaz del hidrógeno, de las sustancias ácidas y otras que en el foco del volcan se forman, siquiera no sea fácil su explicacion, podrá formarse una idea cabal de lo que en tan terribles funciones terrestres se verifica.

Resumiendo, pues, vemos que el volcanismo es resultado natural de la contraccion de la costra sólida del globo, del estado tensivo de las materias que esta encierra, de la influencia de la atraccion lunar, del agua física y químicamente considerada, y de todos los demás poderosos agentes que determinan la curiosísima química volcánica.

Al hacer aplicacion de estos datos á las rocas, con mas ó menos exactitud llamadas ígneas, veremos la funcion principal que en el plutonismo ha desempeñado el agua, en el doble concepto de agente físico y químico.

El doctor Vezian, que rechaza como destituida de fundamento la atmósfera subterránea de Martha Becker, y que tampoco admite la desigual topografía subterránea, explica el volcanismo por los movimientos de la pirosfera, por su penetracion en las grietas que verticalmente ofrece el fondo de la costra del globo, y por la accion del agua y de las otras sustancias que circulan en regiones subterráneas no muy apartadas de la superficie.

ARTICULO II

CAUSAS EXTERNAS

Las causas físicas externas se reducen á la atmósfera y al agua; por consiguiente, este artículo debe dividirse en dos grupos.

I.—ACCION DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera, como todos saben, es la mezcla en proporciones determinadas de oxígeno y nitrógeno con una pequeña cantidad, que en la época actual no excede de 0,0004, de ácido carbónico y de otras sustancias que no ofrecen para nuestro objeto el mayor interés.

En condiciones normales y cerca de la superficie terrestre, se admite, como resultado de gran número de observaciones y ensayos químicos, que, en un volúmen de 10,000 litros de aire atmosférico, existen 9,950 de oxígeno y ázoe, 45 de vapor de agua, y 5 de ácido carbónico.

El oxígeno y el nitrógeno no contribuyen por partes iguales á la formacion del aire atmosférico: en 100 unidades de volúmen, de las 9,950 arriba mencionadas, hay 27 de oxígeno y 79 de ázoe; y en 100 de peso, 23 del primer gas y 77 del segundo.

El aire atmosférico se disuelve en el agua de los rios y de los mares, pero entonces cambia de composicion. En cien unidades de volúmen, el aire disuelto en el agua contiene 32 de oxígeno y 68 de ázoe; lo cual prueba que en la atmósfera el oxígeno y el nitrógeno no se hallan combinados é íntimamente unidos, sino simplemente mezclados, conservando cada cual los caractéres distintivos que le son propios.

La altura ó espesor de la atmósfera se valúa en unos 55 ó 60 kilómetros, poco mas ó menos, en $^1/_{100}$ del radio terrestre: su peso es próximamente de 527×10^{13} toneladas métricas ó $^1/_{1\cdot130,000}$ del total de la tierra.

Al nivel del mar y en circunstancias ordinarias, el aire ejerce la misma presion que una columna de agua de 13,6 metros de altura, ó que una de mercurio de 760^{mm}.

Con la altura la presion atmosférica varía, próximamente, segun manifiesta este cuadro, en la relacion siguiente:

Altitud	Presion	Altitud	Presion
0^m	760^{mm}	$6,400^m$	330^{mm}
1,600	625	8,000	260
3,200	510	16,000	70
4,800	410	24,000	6

Bajo la presion de 760^{mm} y á la temperatura de 0°, un metro cúbico de aire pesa 1,2932 kilógramos, es decir, 773 veces menos que el agua destilada, en su estado de máxima densidad, ó 10,513 veces menos que el mercurio. A medida que la latitud aumenta, y disminuyen, por consecuencia, la presion y la temperatura de las capas atmosféricas, la densidad del aire disminuye tambien, conforme indica este otro cuadro:

Altitud	Densidad	Altitud	Densidad
0^m	1,000	$6,400^m$	0,490
1,600	0,844	8,000	0,395
3,200	0,710	16,000	0,135
4,800	0,595	24,000	0,030

Raras veces la atmósfera está en un estado absoluto de calma ó en reposo completo; su traslacion de un punto á otro ocasiona los vientos, mas ó menos impetuosos, segun manifiesta el adjunto cuadro, compuesto de cinco columnas: una que comprende los nombres de las diversas corrientes atmosféricas, mas comunmente usados en la marina; otra, los números que, al par que los nombres, designan abreviadamente la fuerza de aquellas corrientes; otra, los valores de la presion ó empuje que los vientos ejercerian contra un obstáculo plano y de un metro cuadrado de superficie, perpendicular á su direccion; y la cuarta y quinta, las velocidades de traslacion, por hora y segundo de tiempo, expresadas en kilómetros y en metros, que corresponden á las presiones de la tercera columna.

NOMBRES	Números	Presion por metro cuadrado — Kilógramos	Velocidad por hora — Kilómetros	Velocidad por segundo — Metros
Calma.. . . .	0	0,00	0,0	0,0
Ventolina.. . .	1	1,22	11,4	3,2
Viento muy flojo.	2	4,88	22,8	6,3
Idem flojo . .	3	10,99	34,1	9,3
Idem bonancible	4	19,53	45,5	12,6
Idem fresquito. .	5	30,52	56,9	15,8
Idem fresco. . .	6	43,94	68,3	19,0
Idem frescachon	7	59,81	79,7	22,1
Idem duro. . .	8	78,12	91,0	25,3
Idem muy duro..	9	98,87	102,4	28,4
Temporal.. . .	10	122,06	113,8	31,6
Borrasca. . . .	11	147,70	125,2	34,8
Huracan. . . .	12	175,77	136,6	37,9

Bajo el punto de vista de su direccion, se dividen en tantos cuantos son los puntos cardinales del horizonte, como N., S., E. y O., y los intermedios, que completan la rosa de los treinta y dos vientos.

Alisios ó vientos constantes, así llamados porque corren siempre de este á oeste, dentro de los Trópicos.

Monzones son los que durante seis meses siguen una direccion, y los otros seis la contraria, por cuya circunstancia se les da tambien el nombre de periódicos.

La *brisa* puede considerarse como viento periódico, pues durante el dia va del mar al continente, y por esta razon se la llama brisa de mar; mientras que por la noche corre en direccion opuesta, y es la brisa de tierra.

Harmatan.—Aunque no con la regularidad que los anteriores, suele reinar del interior de Africa hácia el Atlántico, un viento caliente y abrasador, al que se ha dado el nombre de harmatan.

Simun.—En el mismo continente se experimenta á veces un viento sofocante, que sopla del sur al norte de Africa, levanta las arenas del desierto, sepultando caravanas enteras, y es el famoso Simun, cuya influencia en las condiciones climatológicas de Europa, tanto en la época actual como en la cuaternaria, ha sido muy decisiva, segun mas adelante veremos. Tambien se llama este viento Foen.

En las costas y provincias meridionales de España suelen experimentarse, sobre todo en los meses de verano, los efectos de un viento cálido y húmedo, que se hace seco á medida que va penetrando en el interior, y es al que se llama Solano; en la cuenca superior del Garona suele reinar un viento parecido, al que llaman Autan: en Italia recibe el nombre de Sirocco, cuya accion es tal, que se considera como circunstancia atenuante, en las causas criminales, la comision del delito bajo la influencia sostenida de este viento.

El famoso Pampero es un viento glacial que, procedente de Patagonia, se extiende por casi toda la América del sur, con una velocidad extraordinaria.

La atmósfera, además de la influencia decisiva que ejerce en la existencia y distribucion de la vida, obra sobre la tierra física y químicamente.

La accion física de la atmósfera, aunque mas ruidosa y eficaz en apariencia, es bien inferior en el fondo á la química: redúcese á desmoronar la parte mas culminante de los continentes y la superficie de aquellas rocas que ofrecen poca coherencia, trasladando la porcion mas tenue de estos materiales á puntos mas ó menos lejanos.

Médanos.—Fuera del trasporte á veces á largas distancias de los materiales tenues, tales como arenas y cenizas volcánicas, segun dijimos en lugar oportuno, puede decirse que el resultado mas importante de la accion física ó mecánica de la atmósfera, es lo que en español llamamos *médano* ó *mégano* y tambien *medaño*, y al que los franceses dan el nombre de *dune*, admitido entre nosotros por los que ignoraban tuviera nuestro idioma no una, sino tres voces propias, traduciéndola por *duna*. Es el *médano* un montoncillo, altozano, cabezo ó cerro movedizo, compuesto de arenas y á veces tambien de pequeñas chinas, y en las costas de algunos restos de productos marinos, unas veces aislados, otras formando grupos y alineaciones de montículos, cuya pendiente mas suave se dirige en el litoral hácia el mar, y en el desierto hácia el punto de donde proceden las corrientes atmosféricas que lo forman; la pendiente mas rápida, es la opuesta. Resultado de la accion de los vientos sobre las superficies cubiertas de arena movediza, los *médanos* avanzan en el sentido de las corrientes, cuando son constantes ó periódicas, en una direccion dada, y siguen una marcha incierta, cuando los vientos corren en sentidos contrarios: en ambos casos las arenas van invadiendo los territorios, llevando consigo la desolacion y la esterilidad, si bien esta, segun veremos, depende en gran parte de la falta de aguas. Quizás en ningun punto se observan mejor los efectos de esta accion mecánica del aire, como en los desiertos y en las comarcas á ellos inmediatas; como sucede por ejemplo en Egipto, muchos de cuyos monumentos se encuentran literalmente cubiertos de arenas procedentes del desierto de Sahara y tal vez tambien de la Arabia: en Africa han destruido muchos oasis, haciendo inhabitable una extension de terreno equivalente á tres veces el Mediterráneo, habiendo sepultado innumerables víctimas desde los soldados de Cambises hasta los traficantes y peregrinos de nuestros dias. En las costas de la Patagonia, de la India y de la Oceanía existen extensas barreras formadas por estos montecillos, cuya altura es variable desde cuatro ó cinco metros hasta quince, veinte y aun mas, como se observa en el golfo de Gascuña y en Holanda, donde este hecho geográfico ha sido objeto de serios estudios. En algunas costas, como en las del oeste de Francia, la invasion de las arenas de los *médanos* es considerable, calculándose en quince ó veinte metros por año el movimiento de avance, constituyendo lo que hemos llamado Landas. Conviene, pues, fijar dichas arenas por medio de plantaciones hábilmente dirigidas; empezando por las especies vegetales que pudiéramos llamar arenícolas, tales como la *Psamma arenaria*, la *Carex arenaria*, el *Dianthus gallicus*, cuyos tallos rastreros y raíces cespitosas y entrelazadas logran fijar las arenas, impidiendo que el aire las trasporte, y si la comarca no está completamente privada de condiciones climatológicas oportunas, sobre todo si es algo húmedo el clima, se consigue devolver á la tierra parte de su fertilidad, como se observa en el departamento de las Landas, merced á los esfuerzos y á la perseverancia de Bremontier.

Sin negar que este fenómeno haya podido existir en otros tiempos, pues nunca han debido faltar costas planas arenosas y desiertos, sin embargo, bien puede asegurarse que los médanos pertenecen á la época actual, por cuya razon debe esta llamarse era de los médanos, autorizándonos esto mismo para creer que el estudio de esta accion mecánica de la atmósfera no ha de ilustrarnos mucho acerca de lo que en otros tiempos pasó.

Fuera de estos efectos, la atmósfera en los huracanes determina la destruccion de los edificios y de los bosques seculares, levanta con ímpetu las olas del mar, cuya accion sobre las costas es incalculable, y por último, trasporta á veces enormes peñascos desde las cimas hasta las faldas y pié de las montañas. La accion química de la atmósfera, in-

finitamente mas poderosa y variada que la mecánica, destruye y descompone toda clase de materiales terrestres, entre los cuales bien puede decirse que no hay piedra, roca ó metal, por duro que sea, que la resista.

La alteracion y hasta descomposicion de los materiales terrestres, no es, sin embargo, obra exclusiva de la atmósfera; en los centros volcánicos y en el nacimiento de las aguas minero-termales concurren circunstancias especiales que determinan multitud de reacciones químicas y alteraciones de las rocas cuyos principales agentes son el agua y corrientes gaseosas á temperaturas generalmente altas, auxiliadas por la electricidad y magnetismo terrestre. De todo esto, empero, nos ocuparemos en el artículo *Metamorfismo* que acompañará á la descripcion de las rocas de este nombre, con lo cual lograremos conocer los efectos y las causas que los producen.

Limitándonos por ahora á la accion química de la atmósfera, debemos hacer presente que esta contiene en su seno todos los elementos de la mas enérgica descomposicion, tales como el oxígeno, el hidrógeno, el agua en vapor y sobre todo el ácido carbónico, que desempeña en estas operaciones terrestres la funcion principal. Puede á todo esto agregarse el calor solar, la presion, las corrientes electro-magnéticas atmosféricas, y por último las sustancias amoniacales, y como poderoso auxiliar la vegetacion, disgregando las ramillas de las plantas, las rocas y piedras mas duras.

Para persuadirse de la universalidad de esta accion destructora de la atmósfera, basta fijar por un momento la vista en el estado que ofrecen las rocas, de cualquier naturaleza que sean, en una cordillera de montañas, ó en las señales de desmoronamiento y ruina que presentan los edificios públicos, los monumentos mas sólidos y hasta las estatuas de metales y piedras duras que la ostentacion del hombre erige en parajes públicos, como objetos de adorno ó de utilidad.

Pero en esta obra, que aunque de destruccion bien podria llamarse de reconstruccion, pues los materiales desgastados en un punto se acumulan en otro para dar existencia á combinaciones nuevas, se observa ese círculo maravilloso que la Naturaleza, siempre ávida de la estabilidad en la movilidad de sus diferentes elementos, nos ofrece á cada paso. Con efecto, la atmósfera con su oxígeno y el vapor de agua, empieza por desgastar las partes mas culminantes de los continentes, encargándose á su vez el agua de trasportar aquellos materiales al fondo de los mares y lagos, en donde terrenos y rocas nuevas renacen, cual otro fénix, de los restos de aquellas. Diríase que el Océano, en ese circulo maravilloso, solo presta la masa inmensa de vapor que se escapa de su superficie á título de devolucion; encargándose el mismo agente, el agua, al tomar la forma líquida, de restituir á su seno los materiales que contribuyó á destruir, recobrando por decirlo así, aquellos que sacuden su yugo, ora en las erupciones submarinas, ya en los levantamientos lentos de los continentes, etc.

Los elementos de destruccion que encierra la atmósfera poseen, además de su poder químico, un estado molecular el mas á propósito para ejercer la accion que les está encomendada; pues presentándose en forma de vapor, no solo revisten todas las rocas, sino que penetran hasta lo mas íntimo de su masa.

En cuanto al mecanismo especial de esta accion, será menester referirlo á las determinadas sustancias en que se experimenta, siquiera sea por la claridad, pues, á medida que estas varian, aquella se modifica tambien.

Alteracion del hierro.—Uno de los cuerpos esparcidos con mas profusion en la costra de nuestro globo es el hierro, unas veces como sustancia especial é independiente, otras, como principio tintóreo de las rocas; así es que en la mayor parte de estas empieza la descomposicion por la metamorfósis que experimentan los óxidos de este metal.

Estos, en presencia de los ácidos carbónico ó sulfúrico, descomponen el agua, tomando el aspecto y condiciones de una sal hidratada. Así es que por la accion del oxígeno y del vapor de agua pasan muy pronto á un hidrato de peróxido, el cual determina la destruccion, primero mecánica y despues química, de las sustancias que lo contienen. Esta es la razon de la abundancia de los ocres en la naturaleza; pues en último resultado, segun veremos en el artículo «Rocas,» estos no son sino arcilla teñida por el hierro hidratado ó anhidro, en proporciones diversas.

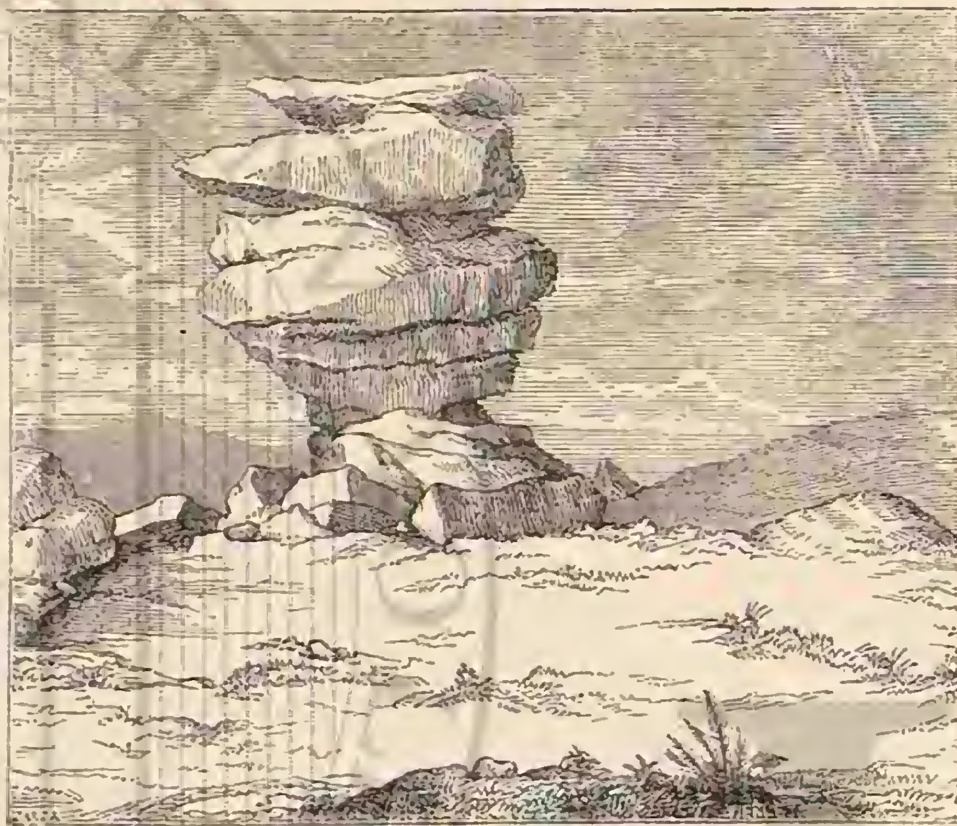


Fig. 15.—Descomposicion del granito en Cheese-Wring (Cornwall)

Descomposicion de la caliza.—Otra de las sustancias notables bajo este punto de vista, es la caliza. Los agentes atmosféricos la corroen en virtud del ácido carbónico que contienen: sabido es que el carbonato de cal, cuando lleva exceso de ácido, pasa á bicarbonato soluble. El ácido carbónico que siempre arrastran las aguas de lluvia satura dichas rocas, y determina una erosion muy curiosa, representada por surcos mas ó menos profundos que, partiendo de la parte mas culminante de las peñas, se extienden en todas direcciones, dando á la masa y á veces á la montaña entera, un aspecto muy particular. Pero los materiales arrastrados por el agua llegan á un punto donde el ácido carbónico excedente se desprende, y allí la caliza, insoluble otra vez, se deposita al rededor de los objetos que encuentra, cubriéndolos de una capa que por esta razon recibe el nombre de incrustante.

Descomposicion de los feldespatos.—Pero entre todas las rocas, las mas importantes en la composicion del globo son las feldespáticas, como el granito, el gneis, los pórfidos, los basaltos, las lavas y otras piedras cristalinas y volcánicas; razon por la cual conviene que nos detengamos en estudiar la accion que sobre ellas ejerce la atmósfera. Asunto es este de la mayor importancia, por cuanto los productos de dicha descomposicion constituyen materias de primera necesidad para la agricultura y la industria.

Esta operacion se verifica por capas sucesivas, siendo la exterior la mas alterada, como consecuencia natural de la accion mas inmediata de los agentes de destruccion. A esta sigue otra menos destruida, hasta llegar á la roca intacta, á la que hay que atacar con el martillo para obtener ejempla-

res frescos y bien conservados, como se desean para las colecciones de estudio.

Generalmente hablando, los *granitos* y *basaltos* ofrecen tres zonas de destruccion, á saber: la primera de fuera á dentro, de color rojizo ó amarillento, debido á la hidratacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea; la segunda de color verde, igualmente debida á una oxidacion en menor grado del mismo metal; la tercera, bien que al parecer intacta, presenta señales de destruccion, pues los cristales de feldespato han perdido su aspecto y traslucidez, y el estado de disgregacion se deja conocer al primer golpe del martillo: por último, la cuarta zona es aquella en que la masa mineral se halla en estado intacto.

De lo expuesto se deduce que varias circunstancias favorecen y otras se oponen á la descomposicion de las rocas. En general la destruccion es mayor en aquellos puntos en que la penetracion de los elementos atmosféricos es mas fácil, como sucede en las grietas y hendiduras y en las superficies de contacto de rocas distintas: tambien la naturaleza y la estructura de las masas minerales debe influir en esta operacion. Así, por ejemplo, las rocas de estructura homogénea resisten mas que las heterogéneas; las de grano fino y compactas no se descomponen ó destruyen con la facilidad que las compuestas de elementos de gran tamaño, aunque sean cristalinos.

Con estos precedentes ya podemos entrar en el exámen del mecanismo de esta operacion en las rocas feldespáticas, observando de paso sus productos mas importantes.

La accion química va casi siempre precedida de la mecánica ó de disgregacion. Esto facilita poderosamente las afinidades de las diferentes sustancias, en razon al mayor y mas íntimo contacto que se establece con los agentes, á medida que la materia se presenta mas dividida (1). Las alternativas de frio y calor, de humedad y sequedad, y principalmente los tránsitos bruscos del estado líquido al sólido, y vice-versa, del agua al congelarse en el interior de las grietas de las rocas, son los principales agentes de esta operacion.

La accion química se reduce: 1.°, á la hidratacion, á la oxidacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea en la inmensa mayoría de las rocas feldespáticas, pasando por los estados de protóxido incoloro, de óxido verde, y de peróxido hidratado amarillo, y á veces rojizo. Y 2.°, á la metamorfósis que experimenta el feldespato cuando en virtud de su disgregacion molecular, determinada por los agentes mecánicos, adquiere la propiedad de dejarse penetrar por el ácido carbónico. En este caso la sosa, cal, potasa ó magnesia, en virtud de su mayor afinidad con el ácido carbónico, se combinan con él, formando carbonatos de las bases indicadas, dejando á la sílice en estado naciente, en cuyo caso es soluble en las aguas que contienen aquellos carbonatos. En este estado la arrastran las corrientes y se deposita bajo formas diversas en el trayecto que aquellas recorren, dando orígen á cristalizaciones de *cuarzo*, á *calcedonias*, *ágatas*, *pedernal*, etc.

La *alumina* que se encuentra en los *feldespatos* combinada con la sílice, por razon de su afinidad persiste unida á este ácido, el cual toma el carácter de hidrato, formando el *kaolin* ó *tierra de porcelana*, la arcilla comun, teñida unas veces por óxidos metálicos y otras completamente incolora, circunstancia que la hace ser muy apreciada en la industria.

En esta operacion hay, pues, accion del ácido carbónico favorecida por el calor, la electricidad, etc., sobre las bases que desaloja de su combinacion con el ácido silícico; formacion de carbonatos y bicarbonatos alcalinos, quedando la sílice en estado naciente; fijándose bajo diferentes formas en su trayecto.

Los experimentos que el Sr. Kuhlmann ha practicado desde el año 1841 confirman plenamente esta teoría. Con efecto, vertiendo ácido nítrico, clorhídrico ó acético en vasijas, que contienen silicatos de potasa, ha obtenido especies de *ópalos* y *calcedonias*. La potasa, en presencia de uno de estos ácidos, se combina con él y forma nitrato, clorhidrato ó acetato, dejando libre la sílice ó ácido silícico que se deposita en el fondo y forma las *ágatas*, *calcedonias*, etc. Este célebre químico se vale de la solubilidad de los silicatos alcalinos de sosa ó potasa, para explicar la penetracion de esta sustancia en las rocas calizas, en las areniscas ó asperones, y en los tejidos de las plantas y animales fósiles. Fundado en esta excelente propiedad de los silicatos alcalinos, el Sr. Kuhlmann da reglas y preceptos para mejorar las cales crasas y los morteros, convirtiéndolos en hidráulicos por la cantidad de sílice que les añade; endurece el yeso que se emplea en las construcciones; y cubriendo las pinturas al fresco de un ligero baño de silicato alcalino, contribuye á preservarlas de la accion de los agentes exteriores.

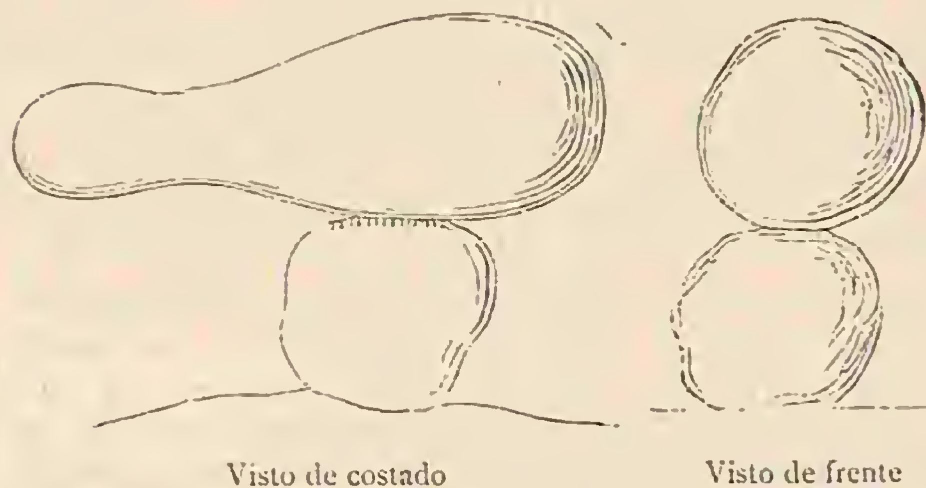


Fig. 16.—El Canto cochino, al N. de Manzanares (Guadarrama).—Descomposicion del granito.



Fig. 17.—El Carro del diablo entre el puerto del Reventon y Rascafria. Descomposicion del granito

Aunque variando algun tanto las relaciones químicas y los resultados de estas operaciones recónditas de la naturaleza, á tenor de su diversa composicion, puede asegurarse que todos los silicatos simples ó dobles, atacables por el oxígeno y ácido carbónico de la atmósfera, se alteran primero y se descomponen despues, por un procedimiento análogo al anteriormente expuesto. En este caso se hallan el anfíbol, la

(1) Becquerel, en su famoso «Tratado sobre la electricidad,» dice que la destruccion de la atraccion molecular de los cuerpos es ya un verdadero principio de descomposicion. Es menester no olvidar, continúa el mismo, que cuando el estado eléctrico de las partículas de los cuerpos cambia, estas se hallan en el estado mas favorable para reaccionar sobre los cuerpos ó agentes que las rodean, pues se forman una infinidad de pequeños pares ó pilas de Volta que determinan reacciones electro-químicas.

mica, el talco, la serpentina, el piroxeno y las numerosas rocas de que estas especies mineralógicas forman parte.

Por el contrario, los minerales que son refractarios á la accion de dichos agentes, solo se alteran y destruyen de un modo físico, entrando en esta categoría el cuarzo con todas sus variedades, la arcilla, el jaspe, la cuarcita, la greda y muchas otras.

Los resultados de la descomposicion de las rocas son: 1.° la tierra vegetal, cuya naturaleza ha de hallarse necesariamente relacionada con la de los materiales terrestres de que procede; 2.° el kaolin y las arcillas; 3.° los materiales dendríticos de las formaciones de acarreo, tales como las chinas, guijarros, la grava, arena, etc.; 4.° las formas caprichosas y variadas de las montañas, de las que ofrecemos los ejemplos notables de las figs. 15, 16 y 17; 5.° mucho ácido carbónico, del que se observa en algunos hervideros; 6.° algunas simas y pozos inversos naturales y muchos otros accidentes que seria enojoso enumerar.

II.—ACCION DEL AGUA

El agua, considerada por los antiguos como uno de los cuatro elementos, consta de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno; existe en el globo líquida, sólida y gaseosa; pero como ya en el párrafo anterior estudiamos sus efectos obrando en estado de vapor, falta tan solo examinar la accion de la líquida y la sólida.

Agua líquida.—El agua en estado líquido es uno de los agentes mas poderosos que determinan el proteismo terrestre; por filtracion disgrega; congelándose en el interior de las rocas, ejerce una accion mecánica debida al aumento de volúmen á la que nada resiste; químicamente descompone y es agente poderoso de descomposicion; dotada además de una variable fuerza de acarreo, circulando en el interior y á la superficie del globo, trasporta á largas distancias toda clase de materiales; por último, saliendo del interior de la corteza terrestre á temperaturas mas ó menos altas y cargada de sustancias minerales, determina aun hoy muchas reacciones químicas cuyo resultado es la formacion de muchas rocas y minerales.

Antes, empero, de examinar los diferentes resultados de la accion de tan importante agente físico, creemos oportuno trazar en breves palabras su historia, indicando de paso las múltiples funciones que ha desempeñado, y las causas que determinan el vastísimo trayecto que recorre desde el fondo de la tierra, hasta las altas regiones atmosféricas.

El orígen del agua se explica satisfactoriamente, recordando la grande afinidad que el hidrógeno tiene por el oxígeno con el cual se combina, ora bajo la influencia de una elevada temperatura, ó bien en virtud de una corriente eléctrica; y como ambas cosas debian concurrir en el comienzo de la historia de nuestro planeta, de aquí el que el agua fuera como uno de los primeros y mas curiosos resultados de la primitiva química terrestre. Agréguese á esto, la notable avidez del cloro por el hidrógeno y el sodio, con lo cual formaremos claro concepto del modo cómo se formó el agua marina actual, poco diferente de la de los mares primitivos; siquiera atendida la temperatura que á la sazon reinaba en la superficie del globo, se presentara mas bien gaseosa que líquida. Sin embargo, los experimentos relativos al estado esferoidal de los cuerpos, demuestran la posibilidad de que el agua líquida permaneciera á la superficie, á pesar de su altísima temperatura; como se observa cuando en un vaso lleno de aquella, se introduce una esfera de platino calentada al rojo blanco; entre esta y el líquido, se nota un espacio hueco probablemente ocupado por el vapor de agua.

Ahora bien, en este y otros experimentos análogos, en el momento en que la temperatura del cuerpo calentado desciende, el agua es arrojada con violencia; fenómeno que hubo de verificarse á la superficie del globo, á pesar de que la mezcla ó disolucion de las muchas sustancias que á la sazon llevaba en su seno, la masa inmensa de esta en un mar que debia tener 2,500 metros de profundidad, y la presion de 250 atmósferas que sobre ella pesaban, debieron hasta cierto punto oponerse á ello, ó por lo menos retardar el momento en que la explosion se verificara.

Puesta de este modo en contacto con la tierra, el agua fué penetrando con mas ó menos lentitud en la parte periférica, por efecto de la grande afinidad que tiene por diferentes sustancias, y en particular por los silicatos; atraida además por los movimientos incesantes de la masa candente y por otros fenómenos, cuya naturaleza no es fácil apreciar. Allí, mezclándose con los materiales en fusion ígnea, hubo de formar con ellos una especie de cieno termal, al que Vezian llama *magma granítico;* como es sabido que el agua recalentada descompone con gran facilidad á ciertos silicatos aunque sean insolubles, y separa de ellos la sílice que queda en estado naciente, segun acreditan recientes experimentos, resulta que por este procedimiento, se da solucion satisfactoria á muchos hechos contradictorios, que ofrecen ciertas rocas, y citaremos mas adelante. De manera que la materia periférica terrestre, primero en estado de fusion ígnea, superior á 700°, que es la temperatura en que todos los silicatos empiezan á fundir, no llegó á solidificarse antes de experimentar los efectos de la mezcla con el agua; resultando, segun esto, que la solidificacion de la zona granítica es un fenómeno hidrotermal de naturaleza química, mas bien que física, ó de simple enfriamiento.

Terminada esta primera importantísima funcion, el agua quedó circulando por el interior de la costra sólida; auxiliada de la temperatura que aumenta notoriamente la capilaridad, contribuyó y aun hoy influye en la formacion de los filones y de las fuentes minero-termales, determinando en mayor escala en tiempos anteriores, el geiserismo, y la mayor parte de las manifestaciones plutónicas y volcánicas.

Cuando las circunstancias termodinámicas permitieron que las aguas tomaran el estado líquido, se establecieron á la superficie formando primero los mares, y en tiempos relativamente modernos los lagos y otros depósitos en los continentes. A partir de este momento, sometida el agua á la evaporacion en escala relacionada con el calor de la superficie, empezó á describir un círculo maravilloso, en cuyo trayecto desempeña multitud de funciones externas é internas, á cual mas importantes.

Para apreciar aproximadamente la escala inmensa en que se verifica la evaporacion, causa primera de la lluvia, bastará tener presente que, segun los cálculos é ingeniosas observaciones del Dr. Halley, la cantidad de agua que se eleva de la exigua superficie del Mediterráneo, en las doce horas de un dia de verano, asciende á la enorme suma de cinco mil doscientos ochenta millones de quintales.

El vapor ácuoso, arrastrado por las corrientes atmosféricas, determina la lluvia y la nieve cuando á su paso encuentran obstáculos tales como las cordilleras que cruzan los continentes en virtud del descenso de temperatura que se observa en las regiones altas de la atmósfera. El agua pasa entonces del estado de vapor al de nube, y luego al de lluvia y de nieve, si la temperatura desciende á 0, sea por la altura ó por otra causa cualquiera. De manera que estos dos hidrometeoros son la resultante de un hecho físico, la evaporacion, y de un dato orográfico, los montes que obligan á las corrientes atmosféricas á remontar á regiones, cuya temperatura

determina el cambio de estado del agua. De todo lo cual se deduce, sin gran dificultad, que, dada la direccion media de las principales cordilleras de una region, se pueden determinar las corrientes que han de producir en ella la lluvia. El eminente Babinet, autor de tan sencilla cuanto ingeniosa teoría, fundado en los datos orográfico y anemométrico, ha explicado satisfactoriamente el riego general del globo, ó en otros términos, su hidrografía exterior y subterránea.

Aplicados estos principios á la península, podemos establecer por regla general que en las cuencas del Tajo, Guadiana y parte de la del Guadalquivir, llueve con vientos del SO.; en la del Duero, con los del O.; en la del Ebro y sus afluentes, con los del E., y así sucesivamente.

La lluvia no se verifica en igual escala, así en la repeticion del fenómeno, como en la cantidad de agua que suministra de una manera uniforme en todas las zonas del globo: en las alpinas y polares, la nieve sustituye á la lluvia, pudiendo citar en confirmacion de esto, y de la cantidad á veces enorme de agua sólida que se desprende de la atmósfera, la observacion hecha por Cárlos Martins, en la montaña llamada Grimsel, en la cual desde el mes de noviembre de 1845 á abril de 1846, se formó una capa de nieve de 16 metros de espesor, que equivale á unos 50 de lluvia; en varias comarcas boreales, cae tanta cantidad de nieve en igual espacio de tiempo. Por regla general, la cantidad de lluvia es mas considerable en las regiones montañosas, debajo del nivel de las nieves perpetuas; llegando á caer doble en dichos puntos que en las llanuras inmediatas. En las regiones ecuatoriales, donde la evaporacion ecuatorial es muy activa, puede decirse que es donde las lluvias adquieren su máximo desarrollo, verificándose el fenómeno de una manera súbita y torrencial: algunos grados al N. y S. del Ecuador, las lluvias puede decirse que son diarias, lo cual determina un carácter extremadamente húmedo del clima, que se traduce por una exuberancia de vegetacion tal, que no es fácil formarse idea no habiendo tenido la fortuna de visitar dicha zona. En confirmacion de lo que acaba de indicarse, debemos citar la observacion hecha en Cayena por Roussin, en la noche del 14 al 15 de febrero de 1820, en la cual el pluviómetro acusó una columna de agua de 280^{mm} que equivale á la que cae anualmente en Paris. En el valle de Kuerapondji, en la vertiente meridional del Himalaya, dicen algunas relaciones de viajeros que caen por término medio 17 metros de agua por año; y aunque en ello puede haber alguna exageracion, siempre significa este dato que la lluvia allí y en toda la vertiente de aquella cordillera, es por circunstancias especiales de localidad, extraordinaria y excepcional.

En contraposicion de esto, hay muchas comarcas en el globo donde la lluvia ó no se verifica nunca, ó es por extremo rara; esta es la circunstancia que determina la desconsoladora sequedad y aridez de los desiertos de Sahara y del centro de Asia: en Egipto, ya los antiguos dijeron que *nec pluit nec tonnat;* casi otro tanto puede decirse ocurre en toda la costa occidental de la América del Sur, en la oriental del Brasil, y en los inmensos desiertos de México.—En las regiones frias y polares, aunque la nieve es mas frecuente y abundante que la lluvia, sin embargo, llueve mas que en las regiones templadas; no ocurriendo sino de un modo excepcional, la manera tumultuosa de verificarse el fenómeno, que caracteriza las regiones tropicales.—En la zona tórrida el metro cúbico de aire contiene de 20 á 25 gramos de agua; en Francia solo llega á 10 ó 12 gramos. El vapor de agua pesa $^1/_3$ del aire, por cuya razon baja el barómetro segun la cantidad en suspension.—Esto prueba que el vapor contenido en la atmósfera depende, sobre todo, del grado de calor, aumentando la capacidad disolvente del aire en razon directa de todo lo que eleva la temperatura: las corrientes atmosféricas y oceánicas tambien favorecen ó contrarían el estado higrométrico de la atmósfera.

Aunque muy variable, segun las circunstancias especiales de las diferentes localidades, puede decirse que el número anual de dias de lluvia en la zona templada del antiguo continente, disminuye «hecha abstraccion de las comarcas montañosas» del Oeste al Este; siendo de 152 en las regiones occidentales, de 147 en el centro de Francia, de 141 en el centro de Alemania, de 90 en Casau y de 60 en Siberia. En los valles alpinos y del Jura cae mas agua en algunas horas que en Paris y Lóndres en algunos meses.

Todas estas y muchas otras particularidades que no detallo por no fatigar demasiado al lector, encuentran una explicacion satisfactoria, segun la teoría de Babinet que acaba de exponerse, en las circunstancias especiales de la comarca ó region en que se considere el hecho.

Al llegar el agua de lluvia á la superficie de la tierra se separa pronto en tres porciones desiguales; la primera, que vuelve á la atmósfera en virtud de la evaporacion, para dar orígen á otros hidrometeoros; la segunda filtra á través de las rocas, si estas son permeables, y determina la hidrografía subterránea; por último, la tercera corre á la superficie, constituyendo la hidrografía exterior.

La diferente distribucion de las aguas de lluvia, y aun las que proceden del derretimiento de las nieves, depende de una multitud de circunstancias; pudiendo establecer en tésis general, que todo aquello que impide la circulacion de las aguas al exterior, facilita, si el terreno es permeable ú ofrece grietas, agujeros, etc., la filtracion, determinando como consecuencia natural el aumento del número de fuentes y su caudal. Entre dichos obstáculos pueden contarse, por ejemplo, la existencia de terraplenes y malecones levantados por el hombre, la pendiente suave y mas aun la horizontalidad del terreno; pero el mas poderoso y eficaz de todos, es la existencia de bosques, lo cual, por otra parte, ofrece la ventaja de la grande exhalacion que se verifica por las hojas, y la especie de atraccion que sobre la humedad atmosférica ejercen los árboles.

Esta es una de las razones mas poderosas de la falta ó escasez de aguas que todo el mundo lamenta entre nosotros: de aquí la importancia de la ley de repoblacion de nuestros bosques, cuyo proyecto acaba de someterse á la aprobacion de las Córtes.

En cuanto á las circunstancias de permeabilidad, naturaleza y estructura de los terrenos mas ó menos propicios á la existencia de manantiales, ó á la iluminacion de aguas naturales ó de salto, daremos los oportunos detalles en la Geología agrícola.

Las aguas que circulan por el interior se hallan, como veremos mas adelante, sujetas á los mismos principios que las externas, formando arroyos, rios y lagos, enteramente iguales á los de la superficie del globo. La permeabilidad permite la filtracion, al paso que el carácter impermeable de ciertas rocas impide que las aguas corran en sentido vertical, teniendo que seguir la direccion é inclinacion que las capas ofrecen, cuya interrupcion las obliga á salir al exterior constituyendo lo que se llama

Manantial; de modo que, por lo visto, lluvia, filtracion, circulacion subterránea é interrupcion al exterior de la capa impermeable, son los factores que determinan la formacion de los manantiales.

Los efectos de la lluvia son tan variados como diversos los modos de efectuarse; cuando es normal y tranquila, las aguas se convierten en elemento vivificador por excelencia, pues penetrando lentamente en el suelo le suministran uno

de los elementos mas vitales para la existencia y desarrollo de las plantas. Por el contrario, cuando la lluvia es violenta, las aguas, precipitándose en gran cantidad, surcan y desgastan la tierra, vencen y destruyen todos los obstáculos que se oponen á su curso, y arrastran con su poderosa fuerza, no solo los materiales de la tierra vegetal y los fragmentos, á veces enormes, de rocas, sino que tambien los árboles y las mas sólidas construcciones.

La accion de las aguas corrientes consiste principalmente en nivelar las desigualdades del globo arrastrando á las partes bajas los materiales que se desprenden de las cimas de las montañas y de las colinas que desgastan, lo mismo que de los terrenos en declive, en especial si están cultivados.

Si en el curso encuentran alguna grieta ó hendidura, contribuyen á ensancharla, rellenándola á veces con los materiales que arrastran.

Al recorrer terrenos en desnivel, las aguas originan saltos, cascadas, cataratas y mil otros caprichos, arrastrando toda clase de materiales y formando los derrumbaderos ó montones de materiales que cubren las faldas de las montañas, á los que se les da tambien el nombre de talud.

La accion química y mecánica y el enorme peso de las aguas, actuando sobre los materiales del borde de la cascada ó catarata, los desgastan, desprendiéndose á veces masas considerables, retrocediendo de esta manera en escala muy diversa (en la del Niágara calcúlase en un pié por año) el borde de la catarata.

Las lluvias muy continuadas ocasionan grandes hundimientos, en los que porciones enormes de terrenos se escurren, arrastrando consigo los bosques y hasta poblaciones enteras. El ocurrido en Goldan, en el canton de Lucerna, en setiembre de 1806, fué muy notable, pues desde la falda de una alta montaña una masa de terreno de mas de 4,000 metros de anchura, 400 de alto y sobre 30 de espesor se desprendió, llevándose al fondo del valle toda la poblacion con sus habitantes, de los que perecieron mas de 500.

Estos grandes y terribles fenómenos se verifican en los puntos en que varios estratos de rocas duras, consistentes y de mucha inclinacion, alternan con otros de materiales sueltos, descansando sobre capas impermeables. El mecanismo de esta operacion es muy fácil de comprender; las aguas filtran hasta llegar á la capa impermeable, desgastando á su paso poco á poco la base, hasta que faltando esta por completo, la masa de tierras sobrepuestas cuyo peso ha aumentado extraordinariamente con la penetracion del agua, se desprende y escurre por el plano inclinado que las capas impermeables le ofrecen.

Lo que se acaba de indicar es una prueba mas de la necesidad de los conocimientos geológicos; pues si por desconocer la naturaleza del suelo, el ingeniero ó arquitecto construye un edificio ó traza un camino ó ferro-carril sobre terrenos que presentan estas condiciones favorables á los hundimientos, se expone á perder honra y provecho, siendo víctima de su propia ignorancia y perjudicando á veces intereses muy sagrados.

A poco de hallarse las aguas en la superficie de la tierra, abandonan su marcha incierta, y siguiendo la natural pendiente que le ofrecen las condiciones topográficas del suelo, abren surcos, que con el nombre de arroyos, cañadas, torrentes y rios, determinan la Hidrografía superficial del globo, trasportando los materiales de un puesto á otro, á cuyo propósito debe saberse que la fuerza de acarreo de las corrientes está en razon directa de la rapidez y de la pendiente del álveo, y en la inversa de la cantidad de materiales que arrastra, pudiendo establecer, por regla general, que los rios cuya corriente es rápida y corta la extension de su curso llevan al mar la mayor parte, si no todos los materiales arrancados en su orígen, como sucede en la mayor parte de los rios de los Alpes y Apeninos: por el contrario, los que en su trayecto atraviesan grandes llanuras, como sucede en el Rhin, Ródano, Ebro, Tajo, etc., solo llevan al mar los materiales mas tenues, ó sean aquellos cuyo peso específico está en relacion con la fuerza de trasporte de la corriente. En los rios y rieras de Cataluña puede estudiarse esto de una manera satisfactoria, y hasta por el tamaño de los materiales de acarreo del terreno diluvial que sirve de asiento á Barcelona y que las obras del ferro-carril han descubierto, por ejemplo, en San Gervasio, puede calcularse el régimen de las aguas en aquel período.

Separacion de los materiales. — Desde el momento en que la corriente disminuye, empieza á verificarse en el álveo del rio, arroyo, cañada ó llanura una separacion de materiales por tamaños, formas y mas particularmente por su peso ó densidad; depositándose primero los mas pesados y voluminosos, luego los medianos y por último los mas finos, que ocupan siempre la parte superior del depósito, siendo estos los que constantemente recorren todo el trayecto hasta el mar.

Los estragos que determinan las aguas disminuyen considerablemente en los terrenos llanos por cuanto en ellos pierde su fuerza la corriente, lo mismo que al atravesar una gran depresion ó lago por la resistencia que ofrecen las aguas allí acumuladas, y que por otra parte hacen el oficio de filtro, pues depositándose en el fondo lo que llevan en suspension, aparecen aquellas en su salida inferior con una pureza admirable, como se nota muy especialmente en las del lago de Ginebra al atravesar la ciudad, en el Rhin junto á Constanza, etc.

Si las llanuras, los lagos y las grandes depresiones del suelo disminuyen la fuerza de acarreo de las aguas, por el contrario, los diques, tanto naturales como artificiales, la aumentan considerablemente, determinando á veces inundaciones terribles. En un principio estos obstáculos impiden que los rios se desborden; pero como la fuerza de las aguas crece en razon directa de todo lo que se opone á su curso natural, en el momento en que aquella vence, sobreviene uno de esos cataclismos que siembran el llanto y la desolacion en la comarca; siendo tal la fuerza de la corriente, que no hay poder que la resista, debiendo atribuir á esta accion, asociada á otras de índole análoga, la mayor parte de los estrechos y desfiladeros que se encuentran en los terrenos montuosos. A pesar de esto, como en aquellos puntos en que las aguas se extienden saliendo los rios de madre, disminuye en razon directa la fuerza de trasporte, desprendiéndose del líquido elemento los materiales que llevaba en suspension, aquellos se depositan en diferentes zonas segun su peso, dando orígen á depósitos de acarreo, que cuando ocurren en las partes mas bajas, aumentan extraordinariamente la fertilidad de las tierras, compensando de este modo los estragos producidos en la parte superior y accidentada de la cuenca. De todo lo cual fácilmente se desprende que las inundaciones son mas bien beneficiosas que perjudiciales; debiendo dirigirse todos los esfuerzos del hombre, mejor que á impedir en absoluto, á regularizar estas operaciones naturales, haciendo que sean beneficiosas á la agricultura. En confirmacion de lo que acabamos de exponer bastará citar los deltas del Nilo, del Ganges, Mississippí y otras grandes arterias terrestres, cuyas excelentes condiciones agrícolas son principalmente debidas á la renovacion periódica en unas, mas ó menos irregular en otras, por medio de las inundaciones, de los materiales así orgánicos como inorgánicos de la tierra vegetal; reponiéndose el suelo por este admira-

ble procedimiento, de las sustancias que los vegetales necesitan para su desarrollo. Como atendida la importancia del asunto, hemos de tratarlo detenidamente en la Geología agrícola, aplazamos para entonces el dar mayores detalles.

La fuerza de acarreo de las aguas que corren por un rio, se ejerce tambien sobre sus propias márgenes; en las cuales ora depositan parte de los materiales que aquellas llevan, ó se ven señales claras de su accion química y mecánica, hallándose todo esto sujeto á multitud de accidentes y circunstancias, que no es fácil precisar en breves líneas. No debemos, sin embargo, pasar en silencio la accion química que deben ejercer ciertas aguas cuando llevan determinadas sustancias en disolucion; como sucede, por ejemplo, con las del rio Vinagre, que nace en el volcan de Purace (América del Sur) á una altura de 3,500 metros, cuyas aguas llevan ácido sulfúrico y clorhídrico en cantidad tal, que segun Bousingault en abril de 1831, en los 34,784 metros cúbicos que da en 24 horas, contiene 38,611 kilógramos de ácido sulfúrico, y 31,654 del clorhídrico; recientemente se ha descubierto en las aguas de un lago, en Java, el ácido sulfúrico libre; el señor Luca lo acaba de encontrar tambien en las aguas termales de Pozzuolo, en cantidad de un gramo 433 milígramos por litro. Fácil es comprender las reacciones químicas que han de determinar semejantes aguas actuando sobre rocas calizas, otras y atacables por dichos ácidos.

Despues de lo dicho conviene indicar cuál es la fuerza

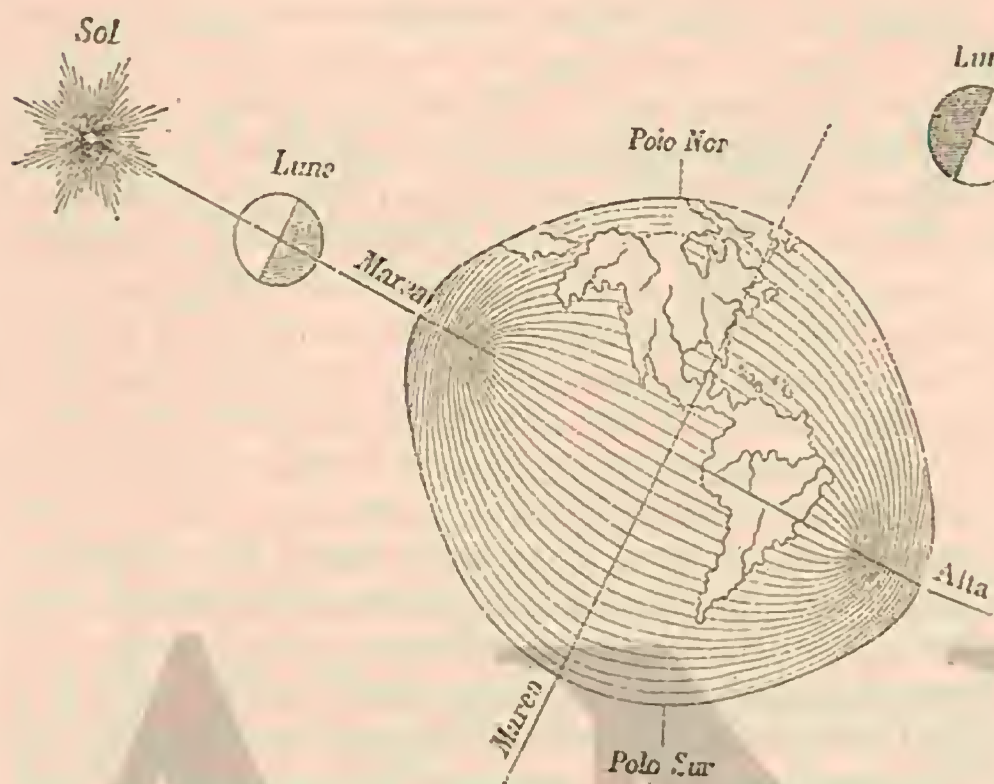


Fig. 18. — Marea Luni-Solar

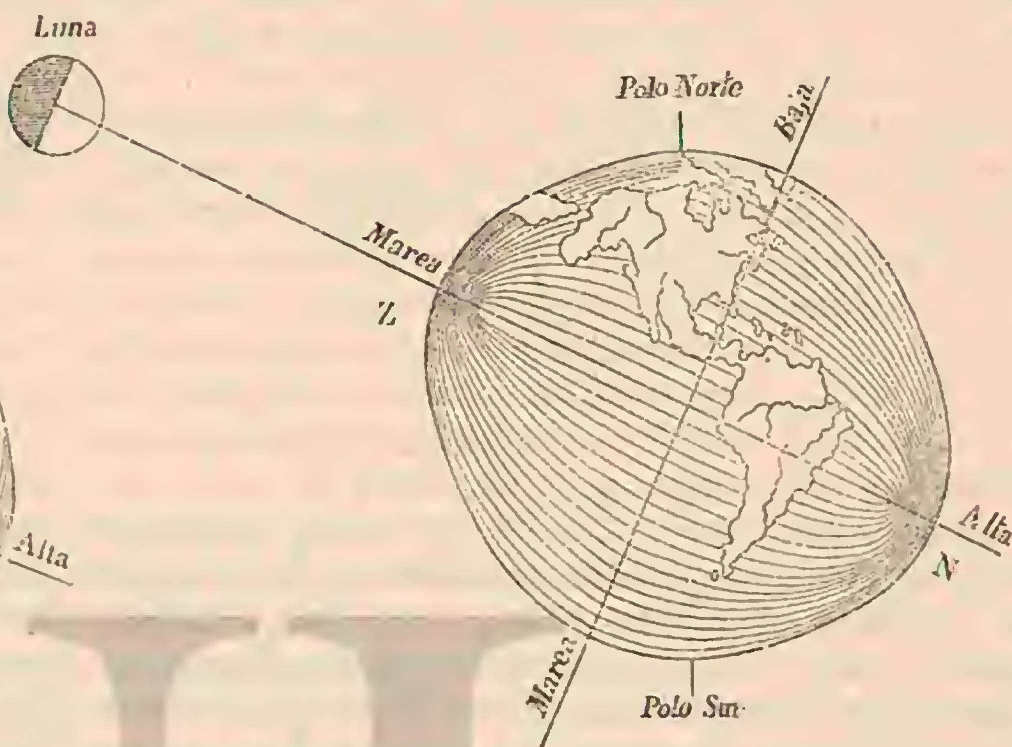


Fig. 19.—Marea Lunar

que se señala á la corriente segun su rapidez, cuando esta recorre de 10 á 30 centímetros por segundo, llámase débil y solo trasporta materiales muy finos y tenues, como los que se desprenden de una superficie arcillosa y las arenas finas: cuando llega á 60 centímetros se llama ordinaria la corriente y arrastra grava y pequeñas chinas; al metro ó metro y medio se dice grande y acarrea piedras irregulares y los cantos aglomerados de algun tamaño: por fin, cuando el agua recorre dos ó tres metros por segundo, puede destruir y arrastra hasta las rocas mas duras en capas ó en masa, llamándose la corriente extraordinaria.

La destruccion de las rocas por las corrientes no es solo efecto del roce del agua, sino tambien de la accion mecánica de los cuerpos sólidos que lleva en suspension, los cuales, al chocar contra las laderas de los rios, sobre todo si son escarpadas, actúan á manera de *ariete:* al tratar de la accion de las aguas del mar, veremos reproducirse exactamente el hecho. Tambien produce el roce de estos materiales efectos notables en el álveo mismo de los rios, observándose en especial en los rápidos, donde por efecto de los remolinos comunica á los cantos, chinas y grava un movimiento circular, de donde resultan las cavidades que se llaman ollas ó calderas; algunas, sin embargo, deben su existencia á la accion de las aguas sólidas.

Considerada la accion de las aguas corrientes desde el punto de su procedencia, puede decirse que se resume en las siguientes frases: descomposicion de las rocas, erosion de los terrenos, transporte de los materiales, depósitos de acarreo, y de sedimento. De los dos primeros resultados ya nos hemos ocupado detenidamente, así como del acarreo de las materias terrestres, las cuales si se desprenden de la corriente que las arrastra, y se acumulan en el álveo mismo de rio, ó en sus inmediaciones cuando sale de madre, originan los aluviones, locales ó generales, antiguos y modernos, segun la fecha en que se formaron, y circunstancias que á ello concurrieron. Si los materiales se depositan en la desembocadura de algun gran rio, forman lo que se llama *aparato litoral*, cuyo proceso estudiaremos mas adelante. Por último, reciben el nombre de sedimentos, cuando los materiales se depositan en el fondo de los mares ó lagos, á cuyo exámen dedicaremos algunos párrafos mas adelante (1).

Accion de los mares. — En último resultado, el agua de los mares determina los mismos ó muy parecidos efectos que los que acabamos de examinar en las terrestres; es decir, que descomponen las rocas, las destruyen mecánicamente, y arrastran los materiales á puntos mas ó menos lejanos: no habiendo mas diferencia sino la de que aquí no hay depósitos de acarreo, como los forman aquellas; siendo todos de sedimento, por cuanto los materiales que las aguas arrastran, exceptuando algunos pocos que se quedan en la costa, todos van á depositarse en el fondo del mar. Este determina todos sus efectos, mediante las tres especies de movimientos á que sus aguas se hallan sujetas; á saber: el oleaje, la marea y la corriente; debidos el 1.° á la accion de la atmósfera sobre

(1) Para formarse una idea del poder de acarreo de los rios, bastará recordar que el Ganges lleva anualmente al golfo de Bengala la enorme cantidad de 180.340,100 metros cúbicos de materiales, que equivalen al peso de 42 veces la mayor pirámide de Egipto. Segun el Sr. Barrow, el rio Amarillo, en la China, lleva diariamente al mar del mismo nombre 1.359,135 metros cúbicos, habiendo calculado el mismo escritor que se necesitan 24,000 años para que el depósito de los materiales acarreados lo llegue á cegar por completo.

las capas superficiales del agua, el 2.° á la atraccion lunar y solar; y el 3.° á causas muy diversas que examinaremos oportunamente.

Los efectos de la accion química de las aguas del mar dependen necesariamente de los elementos que entran en su composicion y de la naturaleza de las rocas que forman las costas.

El contacto perenne de las rocas con los diversos agentes que llevan las aguas del mar, auxiliado de su accion mecánica, favorece poderosamente las reacciones químicas de los diferentes elementos que, segun indicamos, entran en la composicion de dichas aguas. El resultado de esta accion varía segun la naturaleza de las rocas: cuando son calizas las corroe y convierte en superficies ásperas y desiguales; si son graníticas se reproduce, pero en mayor escala, la descomposicion que dimos ya á conocer, y así sucesivamente de todas las demás.

La accion mecánica del mar es, sin embargo, mas eficaz, si bien sujeta á una porcion de circunstancias, tales como la forma y disposicion de la costa, la naturaleza de sus materiales, etc., etc. Hasta tal punto es esto cierto, que mientras en las playas ó costas planas la accion es casi insignificante, en las acantiladas ó escarpadas y de inclinacion en sentido contrario al mar, las olas, batiéndolas directamente y sin obstáculos que se opongan á su accion, esta es directa y los efectos destructores terribles é incalculables.

Los materiales desprendidos por este choque continuo se acumulan primero al pié de la costa brava en donde forman una rompiente ó escollera natural, que si bien preserva á aquella por algun tiempo del furor de las aguas, llega un momento en que, trituradas las rocas que la constituian y trasportadas al fondo del mar, vuelve á quedar otra vez la costa expuesta á los ataques de las olas; renovándose con pequeños intervalos la misma operacion.

Estos efectos son mucho mas notables cuando el mar es profundo junto á la costa, y aun mayores si los materiales de que esta se compone son deleznables ó se descomponen con facilidad; cuando se halla constituida por rocas fracturadas ó de cantos aglutinados, la accion del mar redobla su energía en razon del choque mecánico que determinan estos materiales sueltos puestos en movimiento por las olas, obrando á la manera de un ariete natural. Si la costa está en pendiente hácia el mar, el plano indicado que presenta opone un obstáculo tal á la accion del agua, que en vez de ser destructora es beneficiosa ó de reparacion, depositando en la parte alta de aquella los materiales que las aguas arrancan de los bajíos.

Sin embargo, el movimiento llamado de resaca, que es el de las aguas cuando se retiran, desgasta la costa de un modo enérgico.

A beneficio de esta accion incesante, las costas varían con mucha frecuencia de aspecto; explicándose por este procedimiento la multitud de senos, cavernas y grandes excavaciones que se notan en ellas. ¡Cuántos promontorios han desaparecido por este mecanismo! ¡Cuántos han sido separados de los continentes formando islas hoy á bastante distancia de la costa á la que estaban unidos! y ¡cuántos estrechos y canales, por fin, deben su orígen á esa poderosísima accion! En las islas estos efectos son mas evidentes y notables por razon de estar al descubierto sin que nada las resguarde de la accion de las olas, mareas y corrientes.

La marea es un movimiento de las aguas todas, si bien mas sensible en las del Océano, en virtud del cual durante seis horas avanzan y suben en las costas, y durante otras seis bajan como si fueran á desaparecer. El primer movimiento lleva el nombre de *flujo* y el segundo *reflujo*: llámase *pleamar* el momento en que las aguas están mas altas; y *bajamar*, por el contrario, aquel en que se ven mas bajas. En general, y aunque las mareas se hallan sujetas á una porcion de causas que pueden modificar su marcha, se calcula que dos mareas continuas duran próximamente 24 horas y minutos; es decir, el tiempo que emplea la luna en pasar dos veces por el mismo meridiano. La influencia del satélite es mucho mas eficaz que la del sol, por la menor distancia que lo separa de la tierra; llamándose mareas lunares, cuando solo interviene aquella; y luni-solares cuando ambos astros están en conjuncion, ó sea en línea recta respecto de la tierra, como demuestra la fig. 18. En este caso, multiplícase ó aumenta considerablemente la atraccion ejercida por la luna, con la del sol, determinando una marea muy fuerte, como sucede en la luna llena y nueva; por el contrario, en la época de las cuadraturas, la accion del sol, contrarestando hasta cierto punto la lunar, disminuye la marea.

La atraccion que la luna ejerce en un punto cualquiera de la tierra está en razon inversa del cuadrado de su distancia; si se tira desde aquella una línea recta que pase por el centro de la tierra (fig. 19), esta línea encontrará la superficie de las aguas en dos puntos diametralmente opuestos, sur y norte, y uno de estos tendrá la luna al *zénit* y el otro al *nádir*. Los puntos del mar que tienen la luna al *zénit*, es decir, los que aquella ilumina perpendicularmente, estarán mas próximos á dicho astro, y por lo tanto se hallarán mas sometidos á la atraccion que el centro del globo, mientras los puntos diametralmente opuestos, los que tienen la luna al *nádir*, se encontrarán mas léjos y la atraccion será menor sobre ellos. En su consecuencia, las aguas situadas directamente bajo la luna deberán elevarse hácia ella, dilatándose en la superficie del Océano, y las aguas de los antípodas, menos sujetas á la atraccion lunar que el centro del globo, se quedarán atrás para formar un segundo promontorio en la superficie del mar. De aquí resulta una doble *marea alta* bajo la luna y en el punto opuesto del globo, y allí donde las aguas no están sometidas á la atraccion directa de aquella, habrá *marea baja*, segun se representa en la fig. 19. Algunas circunstancias modifican sensiblemente la regularidad en la marcha de las mareas; tales como las grandes desigualdades del fondo del mar, los continentes, la pendiente mas ó menos rápida de las costas que están bajo el agua, la diferente anchura, los canales y estrechos, las corrientes marítimas, y por último los vientos, que aumentan considerablemente la elevacion normal de la *pleamar*, ó destruyen el flujo, segun que su direccion sea favorable ó adversa.

Las mareas se verifican en todas las aguas, con la diferencia de ser mas enérgicas en los grandes Océanos que en los mares interiores, y en estos mas que en los lagos; tambien se notan infinitamente mas en las costas, y en especial en las de los canales, que en alta mar; así es que mientras en la isla de Otaiti solo sube y baja algunos decímetros, en la costa del canal de la Mancha hay puntos en que llega á 20 y mas metros.

Llámase *estuario* el punto por donde el mar, en sus dos movimientos de flujo y reflujo, entra y sale por las sinuosidades de la costa, y principalmente en los rios. En estos, encontrando las aguas del mar un fuerte obstáculo en las que bajan por su natural corriente, originan una especie de barra ó de ola grande que con su movimiento impetuoso suele producir efectos terribles de destruccion sobre las orillas del rio. En América llaman *pororoca* á la barra, y *espera* á los puntos en que por razon de la profundidad del rio y la gran masa de agua, la marea conserva el mismo nivel y queda tranquila: en el Amazonas llaman Bore á este fenómeno.

Las aguas dulces siendo específicamente mas ligeras que las del mar, se sobreponen á estas; distinguiéndose á veces

á muchas millas de la costa por el color blanquecino ó rojizo que indica los materiales que arrastran.

Los franceses aplican el nombre de *Raz de Marée* á diferentes movimientos como tumultuosos del mar llamados por nuestros marinos *hilero de corrientes;* pero tambien se designa con este mismo nombre, segun el ilustrado marino y académico de ciencias D. Francisco de Paula Marquez, un oleaje sordo que, sin parecer impelido por el viento, se forma súbitamente, adquiere cierta magnitud y comunica una grande agitacion á la mar. Este oleaje suele destruir algunas veces las obras hidráulicas, y arrastra hácia la costa á los buques de vela que por falta de viento no pueden valerse de su aparejo, y hasta desfóndales en los mismos parajes. En el puerto de Pasajes llaman resaca á un movimiento de la mar resultado de un desnivel brusco y considerable, ocasionado por grandes olas, que vienen de larga distancia y perturban el equilibrio de las aguas. A este fenómeno llaman tambien los franceses *Raz de Marée*, que otras veces aplican al hervidero producido por dos corrientes encontradas, á lo cual llaman en algunas localidades los marineros, *Raya de marea* que hacen á veces sinónimo de *Resaca.*

Además del oleaje y las mareas, hay que estudiar en los mares una tercera especie de movimiento debido á los vientos *alisios* y monzones, á la diferente escala en que se verifica la evaporacion en el ecuador y en las regiones polares, y á otras causas menos conocidas, que se llama corriente, la cual, segun la causa que la determina, se dice constante, periódica ó irregular. La importancia de las corrientes es muy grande, no solo en sus aplicaciones á la navegacion, por lo que auxilia ó contraría la marcha de los buques, sino tambien para el trasporte á grandes distancias de toda clase de materiales y muy especialmente de los que van adheridos á las grandes masas de hielo que se desprenden de las regiones polares, que constituyen las bancas de nieve. Al hablar del terreno cuaternario, veremos las razones que hay en pro y en contra del trasporte por este medio de los cantos llamados erráticos de la formacion glacial. Por último, las corrientes sirven tambien para establecer límites bien determinados á las faunas y floras marítimas; facilitando unas veces, y oponiéndose otras, á la emigracion de los séres; contribuyendo de un modo muy eficaz á modificar en sentido favorable ó adverso las condiciones climatológicas de las costas y de los países á ellas inmediatos.

Aparato litoral.—La lucha que en la desembocadura de los grandes rios se verifica entre la accion de acarreo de estos y la del mar ó de los lagos oponiéndose á la direccion de las corrientes, determina una porcion de efectos que se conocen con el nombre de aparato litoral; representado por el delta, la barra, cordon litoral, etc.

Delta.—Es el depósito formado en la desembocadura misma del rio, cuya forma triangular, parecida á la *D* (delta) griega, explica el nombre que lleva este accidente: derivado del árabe, se llama Alfaque, en castellano, como el del Ebro.

Marinos y Lacustres.—El punto donde se forman los alfaques y la naturaleza de los materiales orgánicos que contienen, decidirán la cuestion de si son marinos ó lacustres.

Barra.—Segun el Diccionario de voces geográficas, recibe este nombre, una ceja ó banco de arena amontonada á la desembocadura de los rios; llamándose así, porque disminuye el fondo y estrecha ó cierra la entrada y salida de las embarcaciones.

Cordon litoral.—De los materiales que la fuerza de las corrientes lleva al mar, unos siguen la direccion que aquellas les marcan, y depositándose en el fondo, dan orígen á formaciones marinas de sedimento; los otros, rechazados en la embocadura misma por las aguas saladas, se distribuyen á lo largo de la costa, posándose en las rocas y escollos que sirven como de núcleo, formando primero centros aislados de sedimentacion, á manera de cuentas de rosario, y mas tarde, aumentando con los depósitos sucesivos, llegan á juntarse formando una lengua contínua de tierra, á la que se da el nombre de cordon litoral.

Lagunazos y marismas.—Así se llaman los espacios de la costa que el cordon litoral cierra, donde se mezclan las aguas dulces con las saladas, desarrollándose en consecuencia una fauna y flora mixta como el medio que las da vida.

Los sedimentos que por el acarreo mismo del rio se forman en aquellos *polders,* como dicen los holandeses, levantan el fondo, y nivelándose con la costa, contribuyen á extender los límites del continente. Las regiones mas clásicas en Europa para el estudio del aparato litoral, son los Paises-Bajos de Holanda, producidos por las aguas del Elba, del Rhin y el Mosela, y Venecia ó los Países-Bajos adriáticos, formados por el Po, el Adige y el Brenta. Fuera de Europa el delta del Nilo es uno de los mas antiguamente conocidos y estudiados, no siendo menos importante el del Ganges en la India y el del Mississippí en el golfo de México. El eminente geólogo Lyell calcula que este último ha necesitado para formarse nada menos que cincuenta ó sesenta mil años, dato histórico de trascendencia suma.

La accion de los rios y de los mares determina, segun acabamos de ver, el constante proteismo de las costas, suministrándoles por un lado los materiales que destruyen y arrancan de otros puntos, y formando en el fondo de los lagos y del mar y en las costas mismas un terreno nuevo, cuyo estudio puede ilustrar poderosamente al geólogo para llegar al conocimiento de los estratificados, análogos á aquel en su esencia.

Delta negativo.—Se forma cuando las aguas del mar penetran mucho en los rios, determinando una notable accion erosiva en las riberas, la cual aumenta considerablemente acumulándose en el reflujo la fuerza de la corriente del rio y la de la marea, pues en este caso, en vez de depositarse los materiales, son estos acarreados al fondo del mar.

III.—AGUA SÓLIDA

Si el agua sólida es el resultado de su propia congelacion en la superficie del globo, se llama hielo; y nieve cuando cristaliza en las altas regiones de la atmósfera.

El hielo temporal ó perpetuo produce efectos mecánicos de destruccion, proporcionados á la cantidad acumulada y á la naturaleza de las rocas sobre que actúa. Fúndase esta accion en el aumento considerable del volúmen que adquiere el agua al pasar del estado líquido al sólido; dejándose sentir mas directamente estos efectos cuando la trasformacion se verifica en el interior de las rocas; siendo fácil comprender que tan considerable dilatacion ha de producir resultados análogos, siquiera en escala mucho mayor, como sucede en las regiones polares, cuando masas inmensas de agua congelada con carácter permanente actúan sobre el terreno. Durante los calores estivales despréndense de aquellos mares porciones considerables de hielo, que en forma de bancos de nieve son trasportadas por las corrientes oceánicas á distancias á veces fabulosas, y junto con el hielo todo lo que llevan adherido.

Nieves perpetuas.—Pero lo que mas excita la atencion del curioso observador es la nieve, y particularmente la que ha recibido el nombre de perpetua, porque, léjos de desaparecer de un año para otro, se conserva de una manera constante y permanente.

Como la condicion para la permanencia de las nieves es que la temperatura media no exceda de 0, resulta que se encuentran á grandes alturas ó en altas latitudes; razon por la cual las estudiaremos primero en las regiones alpinas y luego en las polares.

Nieves alpinas.—Aunque fundados en el estudio detenido y minucioso de las nieves, los autores y particularmente Agassiz admiten tres grandes regiones en las que hermosean los Alpes, llamadas de arriba á abajo *campos de nieve*, *neveras* y *glaciares*, distinguiéndolas por medio de caractéres que las deslindan perfectamente; nosotros solo admitiremos dos, superior la una, inferior la otra, á la region de las lluvias, y la razon en que nos fundamos para ello consiste en que en todos conceptos el contraste es claro y manifiesto. Con efecto, en la region superior á la de las lluvias la nieve se presenta poco compacta ó incoherente, como consecuencia de la rareza del aire y de la fuerte evaporacion que allí sufre la masa de agua: por el contrario, en la region inferior la nieve es dura, compacta y tenaz, pudiendo compararla á una roca formada de granos de agua sólida cementados por ella misma. Debe la nieve dicha estructura y otros caractéres notables que la distinguen, á la penetracion del agua de lluvia ó al derretimiento de la superficie, la cual vuelve á tomar el estado sólido en el momento en que la temperatura baja á 0.

De este hecho, tan sencillo en apariencia, resulta en gran parte toda la dinámica, si se permite decirló así, de este agente tan importante en la física actual terrestre; pues el aumento considerable de volúmen que adquiere el agua al congelarse en su interior, determina la dilatacion en las grandes masas de nieve de los glaciares, las cuales se mueven á impulsos de esta causa, rechazando, por decirlo así, á la superficie los objetos que por cualquiera causa penetraron en su interior, cosa que no sucede en la region alta, donde las piedras y demás materiales se hunden para no aparecer mas. No siendo, sin embargo, satisfactoria para todos esta explicacion, debida á los Sres. Charpentier, Agassiz y otros geólogos suizos, ni la inventada por Saussure que atribuia el movimiento de los glaciares al propio peso de la masa de nieve, se ha pensado por algunos, como Forbes, en que debiera esto atribuirse á una especie de plasticidad y viscosidad de la nieve, parecida á la del mortero, miel ó pez semilíquida. El eminente físico Tyndall, fundado en los experimentos de física que se practican hoy en todos los gabinetes y laboratorios, en los cuales se ve que dos pedazos de hielo, cuando empieza á derretirse, si se comprimen con un aparato cualquiera, se sueldan hasta el punto de formar una sola masa, y que sometida una cantidad de hielo ó nieve á la accion de una prensa hidráulica toma todas las formas del molde en que se le coloca, aplicando á los glaciares esta propiedad del hielo y de la nieve, que se llama *recongelacion*, y que demuestra lo ya indicado por Forbes, se comprende que, empujado por las nieves de la region superior, obedeciendo á la pendiente que le sirve de base, debe deslizarse dentro de los límites que forman las montañas, amoldándose en cierto modo á las rocas que lo rodean, y venciendo los obstáculos que se oponen al paso, toda vez que bajo la influencia de la enorme presion que experimenta la nieve del glaciar, conserva siempre la propiedad de aglutinar ó reunir en una sola masa todos los fragmentos ó pedazos á que suele reducirse la nieve. Tyndall cree que sin la recongelacion los glaciares se reducirian á polvo; en lo cual no deja de haber, en mi concepto, algo de exageracion ú olvido por lo menos de los efectos que determina el agua al congelarse en la masa de la nieve. A todas estas causas del movimiento de la nieve en los glaciares, opina Moseley que hay que agregar la dilatacion determinada por los rayos solares; y sin la cual, en su sentir, todos los agentes de progresion de los glaciares indicados por Tyndall, solo producirian resultados insignificantes.

En mi humilde opinion, ninguna de estas teorías se opone á la de Agassiz y demás geólogos suizos, pues la congelacion del agua en la masa del glaciar es la que determina su plasticidad, y esa propiedad mecánica á que se refieren los autores citados.

Caractéres de las dos regiones.—Los que distinguen á las regiones ó zonas que admitimos en las nieves perpetuas son: 1.° La posicion superior ó inferior al nivel de las lluvias. 2.° La estructura de la nieve, incoherente en la alta, compacta en la baja. 3.° La desaparicion en aquella de los objetos que penetran en su seno, y la reaparicion de los mismos á la superficie, y en puntos mas bajos en esta. El estado que ofrece la nieve en la zona superior es tal, que el viento suele levantar torbellinos de agua en polvo, como las arenas en el desierto; razon por la cual los alemanes llaman á dicha region *firn*, por ser este el ruido particular que en tal caso se produce. Este estado es el mas comun, no solo en las regiones superiores á la lluvia en las zonas templadas, sino tambien en todo el límite de las nieves perpetuas, en la mayor parte de los puntos intertropicales; razon por la cual son escasos ó nulos los efectos de las nieves perpetuas en dichas comarcas y se dificulta sobremanera la subida á los altos.

Por el contrario, en las regiones templadas, y aun cálidas, y con mucho mas motivo en las frias y polares, con la sola diferencia del nivel que ocupan, se encuentran nieves perpetuas con todas las condiciones de verdaderos glaciares, y como es consiguiente se notan en ellas los efectos de tan eficaz agente en la época actual, y profundas huellas de lo que en mayor escala determinó en períodos anteriores.

La penetracion del agua líquida en el interior de la nieve en las regiones inferiores á la lluvia es tan importante y decisiva, que no solo explica el movimiento del glaciar y los notables efectos de su dinámica, sino que hasta su existencia depende en gran parte de este hecho. Con efecto, se comprende, y así lo admiten las personas mas entendidas en la materia, que dadas ciertas condiciones topográficas, como valles mas ó menos profundos, de forma circular ó en anfiteatro, de fondo uniforme, resguardados de las grandes ventiscas y una temperatura media que no exceda mucho de 0, si suponemos depositada una cantidad regular de nieve para que esta pueda convertirse en verdadero glaciar, bastará para ello que reciba con frecuencia el agua de la atmósfera, ó la que resulte del propio derretimiento de su masa. Tal es ciertamente el verdadero orígen de los glaciares; sin negar por esto que cuando las masas superiores penetran en la region de las lluvias, pueden adquirir tambien este carácter.

Ablacion del glaciar.—Aplícase esta expresion á la pérdida que experimentan á la superficie las masas de nieve bajo la accion solar; llegando algunos años hasta varios metros la capa de nieve que se desprende, no siempre proporcionada con la que recibe el glaciar durante el invierno; resultando de estas tres operaciones, á saber: ablacion, cantidad de nieve que cae de la atmósfera, y la lluvia que recibe el glaciar, el movimiento mas ó menos enérgico de avance ó de retroceso.

Estructura de la nieve.—La nieve perpetua ofrece en su estructura todos los términos imaginables, desde el cristalino, que es el que afecta al caer de la atmósfera pasando por el arenoso, pulverulento y granoso, hasta el de nieve y hielo compacto, debido este último, segun Agassiz, á una segunda cristalizacion que el agua experimenta al penetrar en la masa de la nieve.

Grietas capilares.—Toda la masa de la nieve en la region

inferior aparece surcada en diferentes sentidos por una red de grietas sumamente finas y capilares, que no solo sirven para dar acceso al agua líquida antes de congelarse, sino que en sentir de personas muy doctas en la materia, á la interposicion del aire en estas grietas se debe esa singular coloracion entre azul y verdosa que ofrece la nieve del glaciar, tanto mas intensa cuanto mas inferior es el punto en que se observa. Agassiz atribuye la existencia de las grietas á la propia presion de la nieve, y á los cambios bruscos de temperatura.

Hendiduras del glaciar.—La superficie del glaciar ofrece una estructura mas porosa que el fondo, efecto de las burbujas de aire que se escapan á su través, y grandes grietas generalmente trasversales á la direccion de aquel, que alcanzan á veces un metro y mas de anchura, y una profundidad variable, segun la masa que atraviesan, lo cual comunica al glaciar un aspecto curioso, hasta cierto punto comparable, por las ondulaciones que ofrecen los bordes desiguales de las hendiduras, al mar cuando está algo embravecido.

Estas enormes cavidades, constante peligro para el viajero de las regiones alpinas, son resultado natural, entre otras causas, de la diferente escala en que se verifica la dilatacion en los distintos puntos del glaciar, sobre todo cuando el fondo sobre que descansa no es muy uniforme, en cuyo caso, los bordes de las grietas suelen afectar formas cónicas agudas, imitando agujas, pirámides, picos, etc., que dan un aspecto extraño y pintoresco á las nieves alpinas.



Fig. 20. — Canto estriado

Muchas otras particularidades ofrece la superficie y el interior del glaciar, pero prescindo de ellas en obsequio á la brevedad.

Coloracion de la nieve. — Cualquiera que sea el color que afecta la nieve, lo que puede asegurarse es un hecho muy notable, sobre todo en la region de los glaciares, á saber: su gran pureza, resultado natural de la reaparicion al exterior de todo lo que en su masa penetra.

En cuanto al color, en tésis general, puede decirse que la nieve es tanto mas blanca, cuanto mas alta es la region en que se examina, y por el contrario, tanto mas azulada, cuanto mas baja. Tambien hace notar el Sr. Martins, que al contacto de dos capas de nieve, esta se hace mas compacta é intensa su coloracion, lo cual justifica en parte lo que algunos autores llaman estratificacion de la nieve.

Nieve roja.—Ocurre á veces que la superficie de esta, así en las regiones alpinas como en las polares, se cubre de una tinta roja mas ó menos intensa, que Saussure fué el primero en indicar en los Alpes; estando reservado al Sr. Schuttleworther de Berna el determinar la verdadera causa de dicha coloracion, la misma que ocasionando las famosas lluvias de sangre, tantas lágrimas ha costado á la humanidad. Dicha causa es la caida de un número prodigioso de animales infusorios que flotan en el aire, pertenecientes á los géneros Astasia, Gyges, Monas, Pandorina, etc., y de algas ó esporos microscópicos, especialmente del *Protococus nivalis* y *subulosus*, del *Hematococus sanguineus* y otros. En las regiones polares, tambien es frecuente esta coloracion de la nieve.

Division de los glaciares.—Los glaciares, segun el punto que ocupan y condiciones que ofrecen, reciben nombres diferentes; Agassiz los llama de primero y segundo órden, siendo aquellos los que se encuentran en altos valles, de

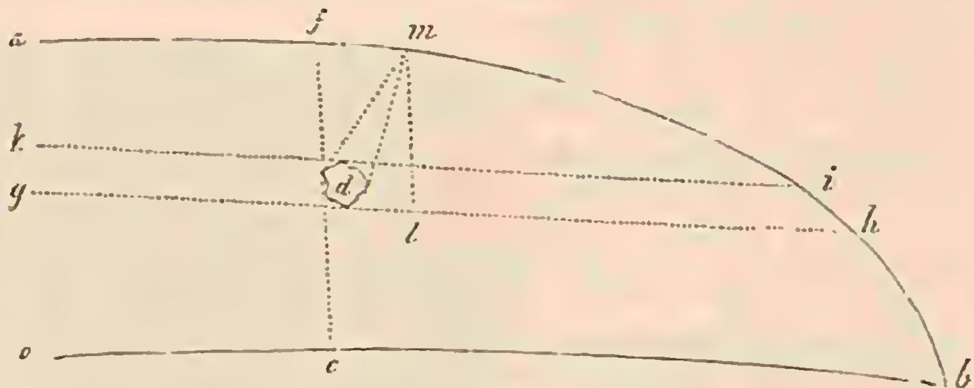


Fig. 21. — Reaparicion de los cantos

fondo uniforme, cuya pendiente no excede de 10 grados, y estos los situados en las faldas de altos montes, cuya inclinacion no baja de 14 grados, y suele llegar hasta cincuenta.

Simples y compuestos. — Semejantes los glaciares á los valles, se dicen principales ó compuestos, aquellos que en su curso reciben alguno ó algunos laterales, los cuales se llaman simples, sencillos ó afluentes.

Dinámica de los glaciares.—En unos y otros, guardando siempre proporcion con la masa de nieve y las condiciones del valle en que se halla encerrada, la accion de los glaciares se reduce á pulimentar, estriar y redondear las rocas que les sirven de asiento y á las que penetran en su interior, y á trasportar á distancias considerables á veces, aunque sin alterar su forma, materiales de todos tamaños.

La presion enorme que al dilatarse ejerce la masa de la nieve sobre los materiales terrestres que encuentra á su paso, ó que caen bajo su accion, poderosamente auxiliada de la grava, arena y cantitos angulosos, que se interponen entre estos y aquella, haciendo las veces de una especie de esmeril, explican de un modo plausible el pulimento, estriamiento y redondeamiento, que ofrecen las superficies de contacto con los glaciares, y á veces tambien los cantos que trasporta, habiendo observado este hecho en muchos puntos de los Alpes, y en casi toda la Escandinavia. El aspecto que sue-

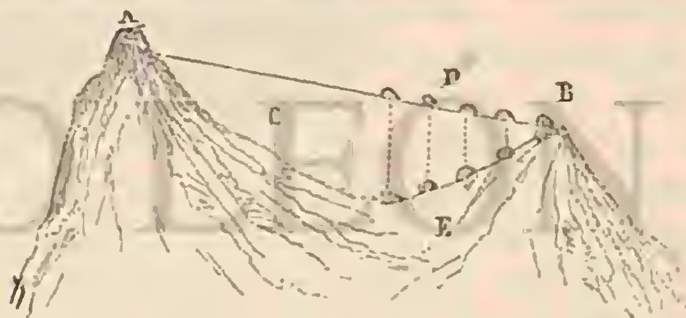


Fig. 22.—Teoría del trasporte por la nieve

len ofrecer los cantos estriados, es con frecuencia el que demuestra la figura 20.

Trasportes de los cantos erráticos.—Respecto al trasporte por los glaciares, verifícase de dos modos, á saber: deslizándose los materiales que existen á la superficie del glaciar, como sobre un plano inclinado, ó bien empujados por la masa de la nieve, que en el movimiento de avance empieza con una fuerza irresistible. Los materiales así trasportados, ora se presentan en masas aisladas, angulosas, estriadas en muchos puntos de su superficie, y de tamaños muy diversos

en cuyo caso se llaman cantos ó peñascos errantes y erráticos, ó bien forman, mezclados con arena, grava, cieno, etc., grandes amontonamientos de formas y dimensiones muy variadas, constituyendo lo que en buen castellano se llama Canchal; que recibe los nombres de superficial, cuando se forma sobre el glaciar mismo, y lateral, y terminal, los que existen á los dos lados y en la extremidad inferior de la masa de nieve. Los canchales terminales son resultado del movimiento de avance del glaciar y de la singular reaparicion de todo lo que cae en el interior de su masa, cuyo singular mecanismo ilustra la figura 21.

Supongamos, con efecto, que un canto desprendido de alguno de los puntos que dominan el glaciar, penetra por su interior obedeciendo á su propia gravedad, hasta el punto *d*; una vez allí, ó por mejor decir, desde que se introduce en la nieve, se halla solicitado por dos fuerzas que actúan en sentido contrario, á saber; la gravedad hácia el fondo del glaciar, y la dilatacion de este en direccion del valle: agréguese á esto, la capa que se desprende por ablacion, de donde resulta, que obrando las dos fuerzas en ángulo recto, este sigue en su marcha la diagonal *d*, *m*, á donde reaparece con el tiempo, ó en un punto mas bajo, si se tiene en cuenta lo que el glaciar ha perdido por evaporacion.

Penetrando de nuevo el canto en el glaciar, impelido por su propio peso, vuelve á presentarse en un punto mas bajo, hasta que, por último, llega á la extremidad inferior, donde mezclándose con la tierra, arena, grava y demás materiales que trasporta el glaciar, da orígen al canchal, peñascal ó pedregal que se adapta á la forma y accidentes que ofrece la nieve, formando con frecuencia diques semicirculares solo interrumpidos por el curso de las aguas líquidas que salen del interior del glaciar, ora por efecto del derretimiento de la nieve, ó de los manantiales que en su fondo existen. La figura 22 esclarecerá mas esta cuestion. A representa la cima de los Alpes, B la cordillera del Jura, y A B C el glaciar que en la época cuaternaria ocupaba el espacio intermedio.

Los materiales graníticos, que caian del punto A sobre el glaciar, fueron trasportados por el procedimiento que acaba de indicarse, hasta los puntos mas altos donde he tenido ocasion de verlos; y cuando mas tarde, las condiciones climatológicas mejoraron, fueron retirándose las nieves, dejando como vestigios de su antigua existencia los cantos y canchales D E, etc., como lo acredita la existencia en toda la llanura suiza de tan singulares depósitos.

La reaparicion á la superficie de los materiales que caen en el interior del glaciar, no solo explica, segun los Sres. Venetz y Charpentier, la pureza proverbial de las nieves de los Alpes, ya reconocida por los pastores y demás habitantes de aquellas alturas, sino tambien, la curiosa separacion de materiales que determina este agente de trasporte, observándose en los depósitos erráticos, aquí pórfidos, allá graníticos, en otro punto dioritas, etc., carácter que distingue perfectamente las formaciones erráticas de las de acarreo por las aguas líquidas, donde si hay alguna separacion, no es por naturaleza de rocas, sino por tamaños y peso específico. Sin embargo, cuando los materiales erráticos que entran en el dominio de las aguas corrientes que salen del glaciar y dan orígen á los grandes rios, son arrastrados por aquellas, pueden formar aluviones y hasta sedimentos que tienen carácter mixto, si en su trayecto encuentran algun lago donde se depositan, razon por la cual se llaman aluviones y sedimentos glaciales.

La importancia de todos estos datos, referentes á la accion del agua sólida en las regiones alpinas, y muchas otras, que por brevedad omito, se comprenderá mejor al tratar de los sucesos extraordinarios que caracterizan el terreno cuaternario.

Los glaciares de los Alpes han llamado en todos tiempos y aun hoy excitan la atencion de los geólogos y meteorologistas mas eminentes de Europa, contribuyendo su estudio á esclarecer los mas importantes problemas de la Física terrestre. En confirmacion de lo cual debo mencionar una interesante discusion ocurrida en la Sociedad Geológica de Francia en 6 de diciembre de 1875 acerca de las oscilaciones seculares de los glaciares y las variaciones que indican ó acusan en los elementos meteorológicos del globo, promovida por M. Er. Mallard, cuyas atinadas observaciones lo han conducido á establecer que la modificacion incesante que experimentan las condiciones meteorológicas de la cordillera alpina se manifiestan por años mas y mas cálidos y nevosos. El Sr. Gruner, no menos competente en la materia, atribuye la tendencia que manifiestan los glaciares suizos á retirarse al temperamento seco de los últimos años, segun se desprende de las observaciones hechas por el eminente ginebrino Plantamour, lo cual confirma lo que dicen los montañeses, á saber: que el Foen devora la nieve. Fundado Tyndall en la notable tendencia á retroceder que se observa en los glaciares, dice que puede sospecharse el momento en que las magníficas nieves de los Alpes solo constituyan un lejano recuerdo: creemos algo aventurada esta profecía.

Hielos y nieves polares.— En las regiones circumpolares, si bien en la del Sur en una extension mucho mas considerable, se presentan las nieves perpetuas con el mismo carácter, condiciones y modo de obrar que lo que acabamos de exponer en las regiones templadas; la única circunstancia que distingue á las nieves perpetuas de ambas regiones, es la altura en que se encuentran, segun ya indicamos al tratar de su límite, y otras de menor importancia, entre las cuales debe mencionarse la de que muchos glaciares en las altas latitudes terminan en el mar mismo, de donde resulta la formacion de sedimentos, que á la manera de los aluviones glaciares, se componen de materiales angulosos y desiguales y no redondeados ó elípticos, como por lo comun sucede con los arrastrados por las aguas líquidas. Tal es lo que segun los Sres. Martins, Bravais, Nordenskjold y otros, se observa en el Spitzberg y otras regiones del Norte de Europa.

Hielos marítimos y terrestres.—Pero además de las nieves se encuentran en muchas regiones los hielos perpetuos, que pueden distinguirse en marítimos y terrestres; aquellos ejercen una accion enérgica sobre las costas por la propia dilatacion de la masa de los mares, de los cuales en la época del deshielo se desprenden enormes masas, que unas veces arrastradas por las corrientes constituyen las bancas de hielo, y otras permaneciendo algo mas fijas dan orígen á lo que se llama *islas de hielo*, bancas, islas y montañas que constituyen un peligro inminente para el atrevido viajero que penetra en aquellas regiones. El tamaño de estas masas de hielo suele ser á veces enorme, habiéndose medido algunas que tenian cuarenta y cincuenta metros sobre las aguas, lo cual supone de doscientos á ochocientos metros por debajo de dicho nivel.

Estas enormes masas de hielo, de las que la figura 23 puede dar una idea, afectan las formas mas caprichosas, siendo frecuente que reproduzcan la de hongos ó setas, mesas, etc., resultado natural del desgaste que en su masa se efectúa así por la accion que ejerce el agua líquida como por la mayor fusion ocasionada por los rayos solares.

Tambien del campo de hielo se separan en la estacion del calor enormes témpanos, como indica la figura 24.

En cuanto á los hielos terrestres forman á poca profundidad de la superficie una capa considerable entre los materiales de la tierra vegetal y el subsuelo, comunicándoles una con-

sistencia y condiciones especiales, que solo cambian algun tanto durante la estacion cálida y constituye lo que se llama el *diluvium* congelado de Siberia, que se extiende tambien á todas las costas del Norte de América, cuyo estudio es por demás importante.

Marismas y Pantanos congelados.—En aquellos puntos en que por la estructura y condiciones topográficas del suelo se forman pantanos ó grandes marismas, como se observa en la bahía de Eschscholz y en la desembocadura de los rios Ienisey, Lena y Alazeia, en Siberia, las aguas se hallan casi siempre congeladas y mezcladas con arena, arcilla y cieno, formando depósitos singulares, tanto mas interesantes cuanto que en ellos se encuentra un número considerable de huesos fósiles de elefante primitivo, de rinoceronte, hipopótamo y otros grandes mamíferos cuaternarios, que de tiempo inmemorial se explotan con objeto de beneficiar sus productos, y en especial el marfil.

El Sr. Schmit encontró, á principios del siglo, un mamut ó elefante primitivo entero, cubierta la piel de una espesa capa de pelo largo, envuelto en una inmensa masa de hielo, en la desembocadura del rio Lena: el eminente viajero Pallas, en 1777 descubrió tambien un rinoceronte entero, en idénticas condiciones.

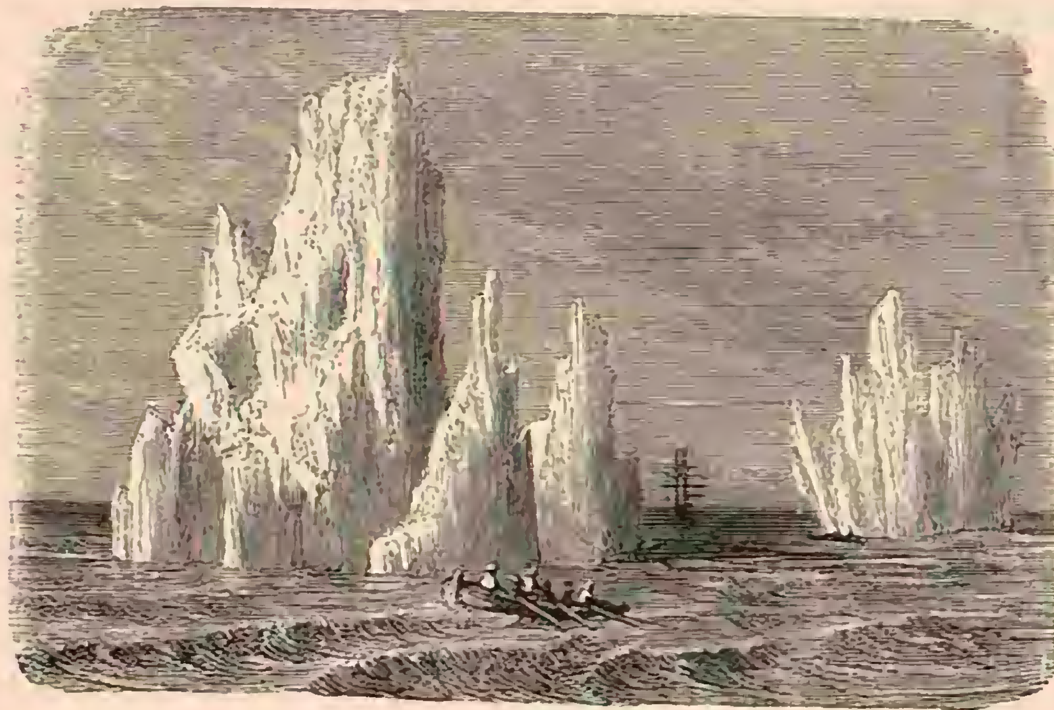


Fig. 23.—Montaña de hielo

Aquí puede decirse termina el estudio importantísimo de los efectos producidos por las causas actuales internas y externas; pues aun cuando el magnetismo y la electricidad son agentes poderosos, hasta el presente se conoce demasiado poco su accion sobre la costra sólida del globo, para que en una obra de esta índole merezca llamar la atencion. Solo el rayo en las deshechas tormentas suele producir efectos notables y desastrosos; esta accion es mecánica cuando al precipitarse, con la velocidad extraordinaria que le es propia, sobre las altas cimas de las montañas, que con preferencia ataca, hiende, destroza y lanza á veces á grandes distancias los peñascos mas extraordinarios por su dureza y tamaño (1). En otras ocasiones, obrando en virtud de su elevada temperatura, suele vitrificar y hasta destruir las sustancias que encuentra á su paso. Por último, cuando el rayo da sobre una materia blanda, ó deleznable y suelta como la arena, se abre paso y vitrifica las paredes del conducto que recorre, resultando esos tubos llamados *fulguritos* que forman el adorno de muchos museos de Mineralogía y Geología.

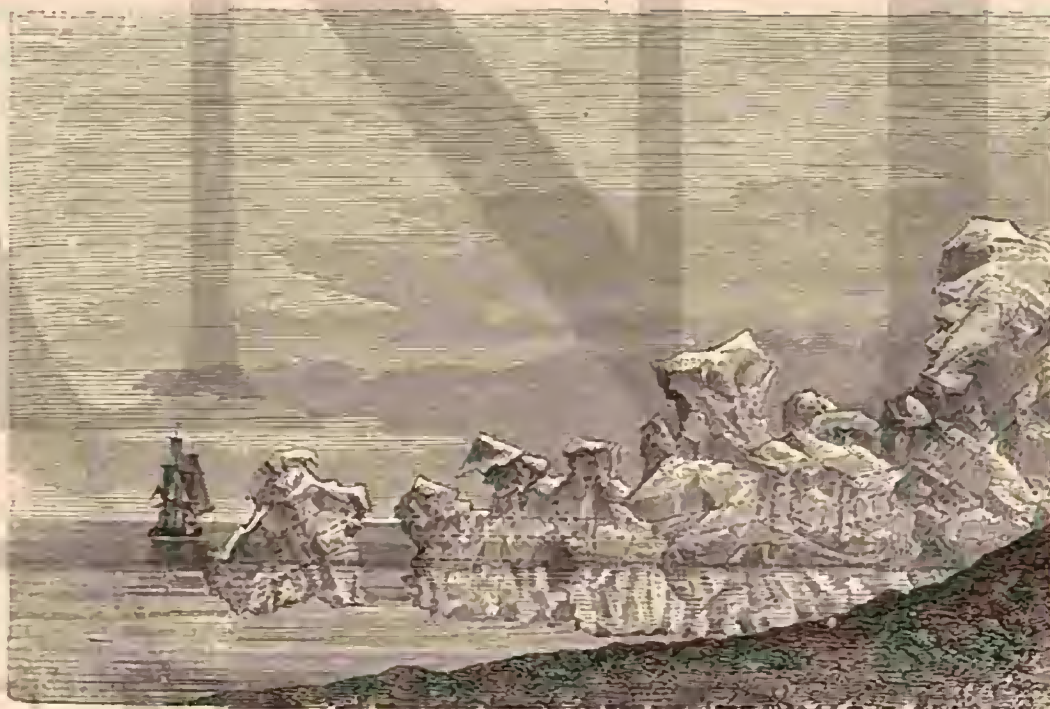


Fig. 24.—Orígen de los hielos flotantes acumulados por la progresion de los glaciares polares

El diámetro de estos tubos varia desde el del cañon de una pluma hasta el de cinco y seis centímetros.

Los puntos mas notables para encontrar estos efectos de la electricidad atmosférica en Europa son los alrededores de Halle, de Munster y de Kœnisberg en Alemania.

(1) El Sr. Lyell, en su obra titulada «Principes de Geologie,» cita el caso ocurrido á mediados del siglo último en la isla Fetlar, una de las Shetland (Escocia), de una masa de pizarra micácea de 32 metros de largo, 3,04 de ancho y 1,21 de grueso, arrancada de su sitio y dividida en una porcion de fragmentos por la accion de un rayo.

ARTÍCULO III

CAUSAS FISIOLÓGICAS Ú ORGÁNICAS

Comparada la accion de estas causas, representadas por el hombre, los animales y las plantas, con la del agua, atmósfera, fuego central, etc., pueden considerarse como insignificantes; sin embargo, contribuyen con su actividad, unas veces destruyendo, otras edificando, á la armonía general de la creacion y á completar el cuadro de las operaciones naturales, por cuya razon conviene dar una idea de la parte que en estas funciones incumbe al hombre, al animal y á la planta, teniendo en cuenta además que si hoy son insignificantes los resultados, en otros tiempos han originado depósitos de importancia suma y cuya formacion solo podremos comprender fijándonos en lo que hoy pasa á nuestra vista.

Escasa como es la influencia que ejerce el hombre sobre la tierra, merece no obstante tal prediIeccion, que su estudio motiva hoy una ciencia nueva, hija en gran parte de la Geología, llamada Geografía Histórica, que podremos definir valiéndonos de las frases algun tanto fantásticas y nebulosas de ciertos escritores, diciendo que es ó trata de la vida de la tierra, obrando sobre el hombre, y de la vida de la humanidad, reaccionando sobre aquella.

Sin entrar en mayores detalles sobre la materia, basta lo dicho para comprender la significacion de esta nueva ciencia, en la cual es sin disputa alguna mucho mas eficaz, siquiera poco estudiada hasta el dia, la accion que la tierra y el sol ejercen sobre el hombre, que la reaccion de éste sobre aquella; pues sin negar la importancia de todo lo que nuestra especie hace para mejorar las condiciones de existencia y evitar lo que le pueda ser contrario, sin embargo, todo ello comparado con los resultados del fuego central, de la atmósfera, de las aguas, etc., es insignificante. Casi otro tanto puede decirse de la accion que ejercen los animales y las plantas, reducida, segun vamos á ver, á la formacion de la turba, y de los arrecifes, atolones y otros depósitos de escasa significacion.

Concretando ya el asunto á los diversos grupos de animales y plantas, debemos manifestar que de los vertebrados, el único depósito de alguna importancia es el guano, mas útil á la agricultura que al estudio que estamos haciendo; pues se reduce á la acumulacion de excrementos de aves marítimas y de sus propios despojos, constituyendo en algunas islas del Pacífico y del Atlántico un depósito de tierra gris ó parda, de diez á treinta metros de espesor, imperfectamente estratificada, y cuyo orígen debe ser muy antiguo; pues existe en el Perú una masa horizontal inferior á un depósito cuaternario de tres metros de grueso, con conchas marinas, cubierto por otras capas de guano mas reciente, coronadas por aluviones modernos. Conócense dos especies de guano, terroso el uno, el otro amoniacal; aquel mas antiguo perdió por las aguas las materias nitrogenadas, conservando tan solo los fosfatos y constituyendo un abono menos enérgico. El guano amoniacal forma tambien otros dos grupos, que se distinguen por su coloracion, que es gris parda el inferior y blanco el superior, y por el olor amoniacal muy fuerte y desagradable en el primero, que es el mas antiguo, menos intenso en el otro. La composicion media de ejemplares procedentes de las islas Chinchas, es la siguiente:

Materia orgánica y sales amoniacales. .	52,52
Fosfato de cal insoluble.	19,52
Acido fosfórico.	3,12
Sales alcalinas, etc	7,56
Sílice y arena.	1,46
Agua.	15,82
	100,00

El guano no puede formarse sino donde abundan extraordinariamente las aves marítimas; y por consiguiente, en las islas ó costas cuyos mares alimenten muchos peces que les sirvan de pasto; siendo tambien condicion indispensable para que conserve los principios amoniacales, en los que reside su propiedad fertilizadora, que el depósito se forme en lugares secos y privados de lluvia, condiciones que solo se encuentran reunidas en las costas del Perú y Chile, entre los 2 y 21° de latitud Sur; en las islas Chinchas existe un depósito calculado en 361 millones de quintales; mas al Sur, esto es, en Chile, abunda el guano terroso; en las islas de los Galápagos, donde llueve, tambien en Patagonia, y en la bahía de Saldaña, en la costa occidental de Africa.

A esto se reduce la accion de los vertebrados, en la época actual; en otros tiempos los despojos y hasta los excrementos, hoy fósiles, daban orígen á depósitos de mucha importancia, tales como las brechas huesosas, el marfil de Siberia, los coprolitos, que en algunas comarcas se explotan como abono, etc.

En cuanto á los articulados, solo merecen una especial mencion ciertos crustáceos microscópicos, casi siempre del género *Cypris*, cuyos despojos dan orígen á veces á depósitos de alguna importancia; las sérpulas, cuyos tubos calizos se desarrollan en tal escala, que llegan á formar verdaderos arrecifes al rededor de ciertas islas, y por último, un gusano de grandes dimensiones, que segun Wise forma depósitos de uno á veinte metros de grueso en los altos valles de los Andes en la república del Ecuador, con las bolas de tierra que allí llaman Cuica.

A medida que descendemos en la serie zoológica, aumenta la importancia de la accion del reino animal; diríase que se habia encargado á los séres mas pequeños é imperfectos la reconstruccion de la tierra; así es que los Moluscos toman en esta obra una parte mucho mas importante que las clases antes mencionadas. Con efecto, los bancos de Ostras, de Eterias y de otras bivalvas, son en algunos puntos tan considerables, que llegan á explotarse para la extraccion de la cal. En la Luisiana, Alabama y otros puntos de la América del Norte, los Unios y Gnathodon rellenan literalmente las lagunas y pantanos, formando depósitos de muchos metros de espesor; frente á la costa oriental de la Florida, la isla Anastasia, de mas de tres leguas de larga y cuatro metros sobre el nivel del mar, está toda formada de un conglomerado de conchas, con cemento calizo, que se explota como piedra de construccion. Las rocas del golfo de Suez, levantadas por un movimiento secular hasta 20 metros sobre el nivel del mar, están formadas de conchas y zoófitos de la época actual; habiéndose construido mas de una poblacion sobre tales cimientos. Dados estos y muchos otros casos que por brevedad omito, no se extrañará ciertamente la importancia que en otros tiempos adquirieron estos séres, como oportunamente demostraremos en la descripcion de los terrenos de sedimento.

Pero los animales de verdadera significacion bajo este punto de vista, son los zoófitos, particularmente los llamados saxógenos ó de polipero, por la singular propiedad que tienen de construir su propia casa ó vivienda, á expensas de la caliza y sílice, que disueltas se encuentran en las aguas; sustancias á las que el organismo da formas especiales que estudia y clasifica el zoólogo. En el tomo VII de esta obra podria ver el lector los principales tipos de estos séres.

Los séres que forman estas masas viven en el mar, empezando por adherirse á la cima de los montes, que á diferentes profundidades existen, abundando mas en una faja superficial, cuyo límite inferior no suele exceder mucho de 40 á 50 me-

tros; allí crecen y se desarrollan, rellenándose á menudo los huecos que dejan de varios productos marinos y por una especie de cieno, arenas y demás resultados de la propia destruccion del depósito, que adquiere mas y mas consistencia por la caliza elaborada por los mismos zoófitos; formando el todo una masa singularísima, de la que algunos horizontes del terreno jurásico nos dan una idea, segun veremos: creciendo á veces con una rapidez mayor en los zoófitos de polípero ramoso, que los en masa, colocándose á veces de un momento á otro sobre el nivel de las aguas, merced al levantamiento brusco del fondo del mar. El ilustre Dana estima el crecimiento de estas masas, por término medio, en tres milímetros anuales, sobre cuyo dato puede decirse que los bancos de la isla de Clermont-Tonnerre, que tienen 600 metros de espesor, alcanzan una antigüedad de 200,000 años. Sin embargo, en algunos mares, léjos de cubrirse unos á otros, los políperos se extienden considerablemente, rellenando los fondos del mar de una capa que no excede, por lo comun, de la altura de los pólipos ramosos.

Por este ingeniosísimo procedimiento, los zoófitos dan orígen á depósitos mas ó menos importantes, que reciben el nombre genérico de Arrecifes, los cuales, segun las circunstancias que en ellos concurren, se llaman litorales ó festoneados, arrecifes barreras y anulares ó atolones.

Arrecifes litorales.—Son aquellos depósitos orgánicos de escasa extension por lo comun, que comunican con el litoral, exceptuando por aquellos puntos en que el fondo aumenta de un modo brusco, así como en los que desembocan las aguas dulces, donde los arrecifes forman un canal de paredes verticales, ó muy inclinadas.

Arrecifes barreras.—Estos siguen tambien la costa, aunque separados de ella por un canal mas ó menos ancho y profundo, como los anteriores, fajas ó zonas interrumpidas por causas iguales á las indicadas. La extension de estos arrecifes, lo mismo que la anchura del canal que los separa de la costa, varían mucho: en la occidental de la Nueva Caledonia existe uno de cien leguas de largo, y en la oriental de Australia hay otro que se prolonga casi sin interrupcion sobre cuatrocientas leguas, con un estrecho que tiene de veinte á cincuenta metros de profundidad, y cinco, diez y hasta quince leguas de ancho.

Atolls, atolones ó arrecifes, lagunas insulares.—Todos estos nombres se dan al tercer grupo de esta singular formacion, distinto por su forma y circunstancias que en él concurren, de los anteriormente descritos. Si la tierra firme que acompaña al arrecife es de escasa extension, entonces este y su canal interior forman dos zonas circulares, que rodean á una isla de dos anillos concéntricos. A veces sucede tambien que la isla no existe, y en este caso el arrecife forma un círculo cuyo interior se halla ocupado por aguas poco profundas y desprovistas de zoófitos. Este espacio anular es lo que se llama atoll ó atolon submarino, en contraposicion á otro grupo, cuya faja madrepórica sobresale de las aguas sin variar por esto de forma, y es á lo que se aplica mas especialmente el nombre de atoll ó islas madrepóricas, lagounes ó lagunas.

Estas islas anulares ó elípticas solo se observan en la Oceanía, y sus dimensiones varían mucho: la de Bow-Island es un atolon de once leguas de diámetro, y alguna de las Maldivas le tienen doble: lo ancho del anillo madrepórico varía entre 250 y 500 metros y su mayor altura se nota del lado en que con mas frecuencia soplan los vientos.

En la laguna que comunica al exterior por medio de canales submarinos, se encuentra una especie de cieno blanco, formado del detritus de los políperos, muy análogo á la creta desleida, razon por la cual, y segun veremos mas adelante, algunos autores explican la formacion de esta roca por un procedimiento análogo á la destruccion de los arrecifes y atolones. No es raro observar en el interior de aquel lago una pequeña isla, de composicion distinta de la faja que la rodea en totalidad ó en parte.

La forma y demás circunstancias de los dos últimos grupos de arrecifes hizo creer que los zoófitos prendian en el borde del cráter de volcanes submarinos; pero sin negar que en muchos casos pueda esto ser cierto, Darwin, en vista de las dificultades que ofrece la aplicacion de esta idea á la inmensa mayoría de los atolones y arrecifes barreras, y partiendo, por otra parte, del hecho que los zoófitos solo pueden vivir desde la profundidad de 40 metros para arriba, ha emitido una teoría muy ingeniosa, fundada en este dato y en los movimientos mas ó menos lentos que experimenta el fondo del mar y el litoral, para darse razon cumplida de la formacion de estos curiosos depósitos orgánicos, cuya importancia en la historia de nuestro globo se comprenderá mejor, á medida que estudiemos las rocas y los terrenos estratificados ó de sedimento.

Los micrózoos llamados espongiarios, rizópodos, diatomeas, etc., forman hoy mismo enormes depósitos en el fondo de los mares y lagos, de extension extraordinaria, que puede explicar plausiblemente la formacion de ciertas rocas y terrenos de que en lugar oportuno daremos cuenta.

Accion del reino vegetal.—Fijándonos en los resultados de la vegetacion actual en lo que á la Física terrestre se refiere, y como ilustracion de lo que en otros tiempos ha ocurrido dando orígen á los combustibles fósiles, puede decirse que la turba es el producto mas importante, porque si bien en la desembocadura de los grandes rios, como el Mississipí, se forman grandes depósitos de árboles, arbustos y matas (Bliefs), mezclados con otros materiales de acarreo, mas bien que á la vegetacion, debe atribuirse aquello á las aguas corrientes, como resultado del trasporte. Algo puede, sin embargo, ilustrar el estudio de aquella y de otras localidades análogas, la formacion del lignito y de otros combustibles fósiles. Una circunstancia curiosa ha puesto de manifiesto la sonda á los 200 metros, y es, que la vegetacion caracterizada en horizontes distintos de cañas y plantas herbáceas, del ciprés de los pantanos y de una encina, se sucede hasta diez veces en sentido vertical, por cuyo procedimiento se levanta de un modo sucesivo el terreno, pudiendo, hasta cierto punto, servir de cronómetro para apreciar la distancia que nos separa del comienzo de estas operaciones, que coincidió con la época cuaternaria.

Llámase *turbal* ó *turbera*, un depósito de plantas, por lo comun herbáceas, siquiera en su seno existan á veces restos de bosques, que viven en condiciones especiales, creciendo indefinidamente á expensas unas generaciones de otras; y *turba*, al combustible resultado del curtido y fosilizacion, hasta cierto punto, de los vegetales que allí viven. Este depósito exige para su formacion climas húmedos y una temperatura media que oscile entre 4° y 15° sobre cero; razon por la cual, en las llanuras solo se encuentran del grado 45 al 50 para arriba en ambos hemisferios; siendo el 56 la zona de predileccion, y no teniendo mas límites hácia los polos que los de la vegetacion misma.

Otra condicion indispensable para el desarrollo de la turba, es la impermeabilidad del suelo y el ser este poco accidentado, para que las aguas, sin estar completamente estancadas, formen una especie de sobresuelo, en cuyo seno viven las plantas. Los turbales, unas veces se encuentran en los deltas y demás accidentes de la desembocadura de los grandes rios, á poca altura sobre el nivel del mar, otras en los bosques, como sucede en Dinamarca y Suecia, y tambien en

las mesetas y altas montañas, en el nivel mismo de las nieves perpétuas, dondese reunen las circunstancias arriba indicadas.

Desarrolladas las plantas que viven en semejantes condiciones, siendo anuales, dejan al parecer el gérmen de otra generacion, la cual, sirviéndose de la anterior como de suelo vegetal, crece y sigue todos los períodos de desarrollo hasta que, abandonada la planta por las fuerzas que rigen la vida, y bajo la influencia del agua y de una temperatura conveniente, se convierte en esa sustancia negruzca, parecida primero á una especie de fieltro laxo, mas y mas consistente á medida que se desciende en el depósito, á la que se llama turba. La importancia de este combustible se apreciará mejor al describirle como roca, y tambien como formacion importante del terreno cuaternario.

No quiero terminar este artículo sin dar cuenta de una roca orgánica en vias de formacion, cuyo relato he tomado de un periódico de París. Parece que un Sr. Isle ha encontrado recientemente en una cueva de la isla de la Reunion un depósito de mas de un metro de grueso de una sustancia amarillenta de aspecto ocráceo, que tiñe los dedos, y cuando seca arde con llama amarillenta y corta, pero sin humo ni olor; si está algo húmeda no da llama y se enciende como la yesca con humo y olor á yerba seca. Estudiada esta roca al microscopio, resulta formada por una cantidad prodigiosa de esporos y esporangios de helechos arbóreos allí muy abundantes. Segun las circunstancias del yacimiento de esta singular roca vegetal, su trasporte debe haberse verificado mas bien por el acarreo de las aguas que por el aire.

PARTE SEGUNDA — GEOGNOSIA

Cumplido ya el primer punto de vista, ó autóptico, de la clasificacion admitida, estamos en el caso de abordar el segundo, al que llamaremos con Ampere, criptorístico, por otro nombre Geognosia, cuya etimología greco-latina, *Ge*, tierra, *gnosco*, conocer, significa claramente que se trata del conocimiento de la tierra. Limítase este, sin embargo, á la composicion intrínseca del globo, en la cual entran minerales y fósiles, cuyo estudio ha dado orígen á la Mineralogía y Paleontología, ciencias que pueden considerarse como las piedras angulares del suntuoso edificio geológico. A pesar de esto, no vamos á escribir un tratado de Mineralogía y Paleontología, reduciéndose nuestra mision á servirnos de los datos que estas nos suministran para adquirir el conocimiento de las diversas unidades en que estriba el estudio analítico y sintético ó sea la composicion y estructura terrestre. Para conseguir lo primero, y suponiendo que el lector se halle oportunamente preparado, recordaremos en breves palabras los principales caractéres de las especies que con mas frecuencia se observan en las rocas, unas veces como elementos esenciales á su composicion, y otras como meros accidentes; estudio nada difícil por cierto, pues casi todos los minerales á que nos referimos son muy comunes y conocidos del que ha cursado una sola vez la Mineralogía, como el cuarzo, el feldespato, la mica, el talco, etc.

Mas adelante, al agrupar las rocas que vamos á describir en la tercera parte de la obra en las formaciones y terrenos, verdadera síntesis terrestre, daremos unas nociones generales de Paleontología, como introduccion al estudio de los terrenos de sedimento.

Aprovecharemos, pues, los conocimientos que nos suministran estos dos ramos, cuya oportuna aplicacion al doble concepto de que se trata, puede decirse resume el objeto de la Geognosia.

ARTICULO I

ROCAS — GENERALIDADES

Se da el nombre de roca á toda sustancia mineral simple ó compuesta, ó á la mezcla de minerales que se presentan en grandes masas en la composicion del globo.

Las rocas constan de minerales, como estos á su vez se hallan formados de elementos químicos; de manera que las tres ciencias, Química, Mineralogía y Geognosia, son las que pueden dar una idea completa de la composicion del globo. En consecuencia, el geólogo necesita poseer conocimientos prévios de Mineralogía, así como esta no puede cultivarse con provecho, sin una buena base química. Afortunadamente, para lo que á nosotros toca, basta conocer bien una docena á lo sumo de especies minerales, y no ciertamente de las mas difíciles, pues segun los minuciosos cálculos del señor Cordier, partiendo del supuesto de que la costra sólida del globo alcanza hoy veinte leguas de cuatro kilómetros de espesor, cuyas diez y nueve vigésimas partes se hallan representadas por los terrenos dichos cristalinos, y la vigésima restante por los dos de sedimento, las principales especies minerales que entran en la composicion de las principales rocas son las siguientes, en la proporcion que aquí se expresa.

Feldespato.	48
Cuarzo.	35
Mica.	8
Talco.	5
Carbonato de cal y dolomia.	1
Peridoto, dialaga, anfíbol y piroxeno. .	1
Arcilla.	1
Los demás minerales.	1
	100

Así considerada esta parte, verdadero fundamento de la Geología práctica, léjos de ser, como pretenden algunos, insuperable y de grandes dificultades, es tan asequible como cualquier otro ramo de las ciencias naturales. Con el fin, pues, de allanar el camino que ha de conducirnos al verdadero conocimiento de la composicion del globo, describiremos en breves palabras las pocas especies minerales que á cada instante tendremos que citar en la descripcion de las rocas.

FELDESPATO

Esta palabra, alemana de orígen, deriva de *feld*, campo, y *spath*, hojoso ó laminar; se aplica á un grupo de especies cuyo carácter mas aparente es el ofrecer la estructura en hojas ó láminas.

COMPOSICION.—Los feldespatos son silicatos dobles de alumina, base fija y constante, y de potasa, sosa, cal, magnesia, etc., que se sustituyen y reemplazan en proporcio-

nes determinadas, pero dejando casi siempre algun resíduo de las demás. Así es que son muy pocos los feldespatos que dejen de presentar, además de la base propia, vestigios de las otras.

CRISTALIZADOS Y EN MASA.—Casi todos los minerales de este grupo se presentan en la naturaleza afectando formas geométricas determinadas para cada una, ó en masa. La estructura laminar es mas comun en las variedades cristalizadas ó cristalinas; cuando se ofrecen en estado de magma, suelen ser compactos, fibrosos, etc., en cuyo caso falta la razon principal de la etimología indicada.

Las especies mas importantes bajo el punto de vista geológico, son las que, en órden á su frecuencia en la composicion de las rocas, vamos á describir.

A.—FELDESPATOS POTÁSICOS

SINONIMIA.—Ortosa ú ortoso, adularia, piedra de luna y de las Amazonas, eispath, ortoclasa, espato fusible, etc.

Esta especie mineral es un silicato doble de alumina y potasa, como bases principales, con proporciones variables de sosa, cal, peróxido de hierro, magnesia y otros elementos,

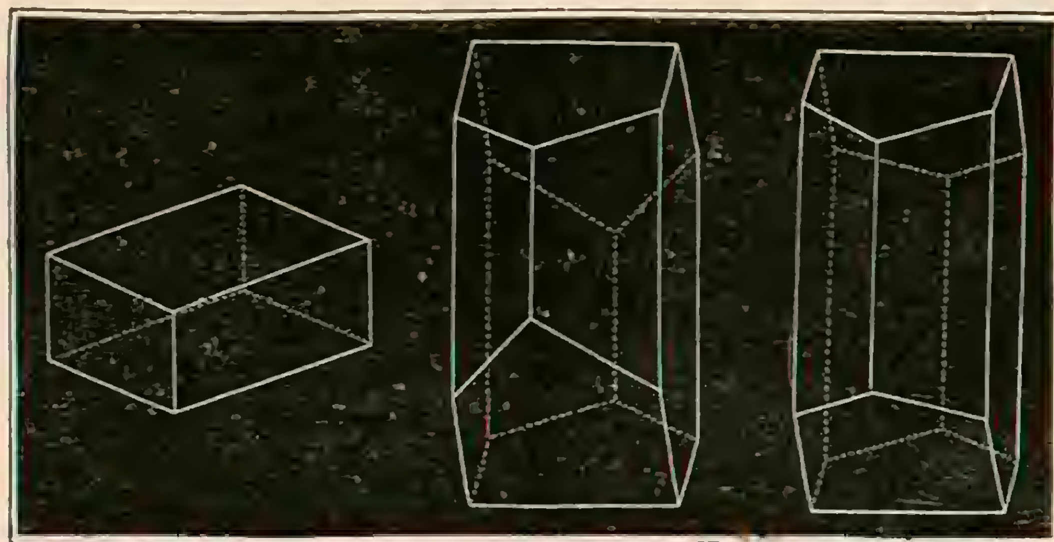


Fig. 25.—Formas del feldespato ortosa

segun demuestran las diferentes análisis practicadas por Berthier, Abich, G. Rose y otros. Así constituido este feldespato se presenta bajo el aspecto de una sustancia de colores varios, siendo los mas comunes el blanco lechoso y gris, sonrosado y á veces verde; la fractura es laminar y hojosa, verificándose el crucero en dos direcciones perpendiculares; la dureza se halla representada por el núm. 6; raya á la fosforita, al espato flúor y al vidrio, y se deja rayar por el cristal

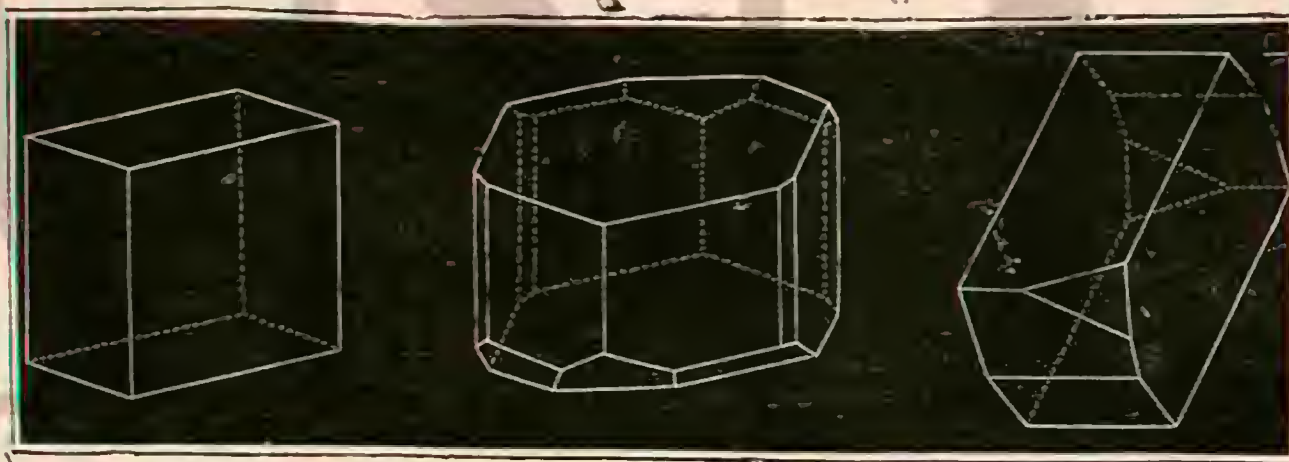


Fig. 26.—Formas del feldespato albita

de roca; mas bien traslúcido que trasparente ú opaco: su densidad es de 2,3 ó 2,5. Cuando cristaliza, se presenta en formas derivadas del prisma romboidal oblícuo (fig. 26).

Al soplete funde con dificultad en los bordes, en un vidrio algo esponjoso, tomando un color blanquecino; tratado con el borax se disuelve con mucha dificultad y sin efervescencia en un vidrio trasparente. El ácido carbónico de la atmósfera ó el que llevan las aguas, lo ataca y descompone, haciéndole tomar el aspecto terroso y convirtiéndole en kaolin ó tierra de porcelana, verdadera matriz de las arcillas.

YACIMIENTO.—Este feldespato es sin disputa el mas importante de la familia, como lo atestigua el ser uno de los elementos esenciales del granito, de la protogina y sienita, del pórfido llamado ortófido y de las traquitas. La especie vítrea, llamada por Rose riacolita, que se encuentra con frecuencia en las rocas traquíticas del Epómeo y Mont d'Or, pertenece de derecho tambien al ortosa, segun resulta de los análisis de Abich y Berthier. El petrosilex, que forma la base de muchos pórfidos, así como el feldespato de las fonolitas, obsidiana, perlita, piedra pómez y otras, deben en rigor considerarse cómo simples variedades del ortosa.

B.—FELDESPATOS SÓDICOS

SINONIMIA.—Albita, Cleavelandita, Periclina, Tetartina, Sanidina, etc.

El feldespato albita es tambien un silicato doble de alúmina, en el que la potasa ha sido reemplazada por la sosa, sin que por esto deje de ofrecer tambien algo de aquel álcali, así como de cal y óxido de hierro. Su color mas comun es el blanco de leche, á veces algo gris, rojizo ó verde; traslúcido y raras veces trasparente; su brillo es vítreo; la estructura escamosa, granosa ó compacta. Las demás propiedades físicas y químicas son muy análogas á las de la ortosa, de la que se distingue principalmente por las formas que afecta, que pertenecen al prismático oblicuo no simétrico como se ve en la figura 27: con mucha frecuencia los cristales aparecen estriados, carácter de mucho valor para reconocer la especie.

YACIMIENTO.—Este feldespato forma la base de los pórfidos albíticos y tambien de las dioritas y pórfidos dioríticos; en algunos granitos modernos se halla asociado al ortosa, raras veces como elemento esencial; es tambien abundante en la protogina de los Alpes, diseminados sus cristales, ó bien constituyendo venas ó pequeños filones en la roca.

La albita ofrece, como el ortosa, una porcion de variedades no cristalizadas; laminares y granosas unas; otras de aspecto térreo, análogas al kaolin, producto que dan igualmente por su descomposicion. Tambien las hay compactas, formando parte de muchos petrosilex, segun Dufrenoy.

OLIGOCLASA.—La oligoclasa es un feldespato de base de sosa, como la albita, asociada muy á menudo al ortosa en los granitos de grano basto, en forma de masas laminares que se distinguen por el color gris claro, lechoso ó verde amarillento, y muy especialmente por las estrías finas muy marcadas que ofrece, como la albita, á lo largo de las caras del prisma. Tambien se halla á veces en los gneis y pizarras micáceas; Deville la ha encontrado en las rocas volcánicas de Tenerife (islas Canarias), y Abich bajo el nombre de Andesina, aunque con la misma composicion, la encontró tambien en los pórfidos anfibolíferos de Mannato (N. Granada).

C.—FELDESPATOS LITÍNICOS

PETALITA.—La *Petalita* es un feldespato de base de alúmina y litina, que se presenta en masas laminares de color blanco lechoso ó sonrosado; en láminas delgadas es traslúcido; su brillo es vítreo; raya al vidrio, aunque con alguna dificultad. Al soplete toma el aspecto vítreo blanquecino semi-trasparente, y funde con dificultad, comunicando á la llama ese color purpurino característico de todas las sustancias que contienen cierta proporcion de Litina: es inatacable por los ácidos.

YACIMIENTO.—La petalita se encontró por primera vez formando una vena en la pegmatita de Utoe en Suecia, y despues en Sterling (Estados Unidos).

D.—FELDESPATOS CÁLCICOS

LABRADORITA.—La *Labradorita*, ó feldespato opalino por otro nombre, es un silicato de alúmina y cal con algo de sosa, potasa, óxido de hierro y magnesia, que se presenta generalmente en masas laminares de color gris ahumado ó ceniciento; á veces ofrece reflejos metálicos rojos, verdes ó azules muy agradables, y que le dan gran valor como objeto de adorno. La forma regular que afecta, depende del prisma oblicuo, no simétrico, como se ve en la figura 27; sus cristales son pequeños y no comunes, guardando no poca semejanza con los de la albita

Este feldespato funde con dificultad al soplete; pero es soluble en el ácido clorhídrico, carácter que lo distingue de esta última, con la que podria confundirse.

Esta especie es característica de las rocas básicas pobres en sílice: hállase asociada á la *Hiperstena*, como sucede en la costa de Labrador (Estados-Unidos), de donde deriva su nombre, y en Suecia, unida al piroxeno puede decirse que es esencial en las rocas volcánicas modernas desde el basalto inclusive; en la lava del Etna es muy comun, segun dice Dufrenoy, y tambien en las eufótidas y Anfibolitas. Se ve, pues, que es mineral de reciente formacion.

SAUSSURITA.—En la roca llamada eufótida se encuentra como elemento esencial á su composicion, un mineral blanco, compacto, de fractura astillosa, de brillo craso, que raya al vidrio y goza de gran tenacidad. Esta sustancia, designada con el nombre de *Saussurita* y tambien con el de feldespato tenaz, ofrece mucha analogía con el Labrador, tanto por su composicion, cuanto por ser atacable por los ácidos, razon por la cual generalmente se le coloca en el mismo grupo. Lo mismo puede decirse respecto á otro designado por Delesse Vosgita, por haberlo encontrado en los labradófidos de Ternuay y de Haut Rovillers, cordillera de los Vosgos.

CUARZO.

La especie que sigue en importancia al feldespato en la composicion del globo, es la Sílice, resultado de la combinacion del metal silicio con el oxígeno. Unas veces se halla pura con agua ó sin ella; otras mezclada con una porcion de sustancias y combinada con diferentes bases, constituyendo gran número de especies y variedades.

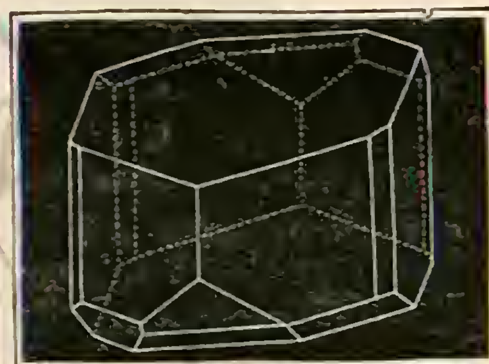


Fig. 27.—Forma del feldespato labradorita

Las principales son: el *hialino* ó *cristal de roca* y el *litoideo* con todas sus modificaciones, representados por el ácido silícico puro; el *Opalo* comun y noble, que son hidratos de sílice; y por último, los *Jaspes*, ó sea la *Sílice* asociada á sustancias térreas y arcillosas, teñidas por algun principio metálico, y en especial por el hierro.

a.—CUARZO HIALINO

CRISTAL DE ROCA.—El *cristal de roca*, tipo de la especie, es una sustancia dura que raya al vidrio y al feldespato y se deja rayar por el topacio; brillante, de estructura compacta, vítrea y concoidea; su lustre es vítreo, y tambien craso y terroso. Frotándolo desarrolla la electricidad positiva, que conserva poco tiempo. La impresion de frio que determina su contacto, es una de las mejores señales para reconocerlo. Las diferencias de color que suele ofrecer, dan márgen á una porcion de variedades, algunas de las cuales se emplean en la joyería. Cuando es enteramente blanco y trasparente, ó cuando afecta un color oscuro tirando á negro, se le llama cristal de roca por excelencia, y *cristal ahumado:* cuando es de color de violeta, debido al óxido de manganeso, recibe el nombre de *Amatista*, empleándose en objetos de lujo; cuando rojo de sangre mas ó menos oscuro, lo llaman *Jacintos de Compostela*, y tambien *piedras de Ana*, por abundar en dicho punto, muy estimadas para ciertos objetos de adorno; cuando amarillo, imita al topacio, y hasta se han elaborado dijes que pasarian por verdaderos, á no distinguirse por el menor peso específico que ofrecen, siendo 2,6 el del *Cuarzo atopaciado* y 3,5 el del topacio. Cuando el cuarzo se asocia á la mica en hojas pequeñas, constituye la *Venturina*, variedad poco comun, y que no puede competir con la que se fabrica artificialmente.

Todas estas variedades del cuarzo, excepto la última, se presentan en la inmensa mayoría de los casos cristalizadas en formas dependientes del sistema romboédrico; siendo las mas comunes, como se ve en la figura 28, el prisma de seis

lados, terminado por pirámides de seis caras, y el dodecaedro bipiramidal. Las caras del prisma ofrecen estrías trasversales muy características.

YACIMIENTO. — La importancia de esta sub-especie consiste en la abundancia con que se encuentra en las rocas cristalinas y volcánicas, en los granitos, sienitas, pegmatitas, en los pórfidos, etc. Tambien es muy comun en las gangas de los filones metalíferos, y en especial en los criaderos de oro y estaño. Se la encuentra penetrando varias calizas y otras piedras, á las que comunica gran dureza y resistencia, llegando á veces á cristalizar en las grietas y oquedades que reciben el nombre de geodas. La descomposicion y trituracion de las rocas que lo contienen, da orígen á esos inmensos depósitos de guijarros y arenas que existen en todos los terrenos, y aun en la superficie actual del globo en las landas y desiertos. Unas veces estos guijarros y arenas permanecen sueltos ó incoherentes, otras se aglutinan ó cementan, constituyendo los conglomerados y las areniscas ó asperones.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — En España son muy comunes todas las variedades del cuarzo hialino; en el terreno del *diluvium* en los alrededores de Madrid, se encuentra en forma de cantos muy claros y trasparentes, famosos en otra época y conocidos con el nombre de diamantes de San Isidro; en Hinojosa de Duero se halla el atopaciado hoy en explotacion; el jacinto de Compostela en Villatoya (Mancha); en Ana, Valencia, en Molina de Aragon, y en varios otros puntos menos en Santiago de Galicia, de donde, sin saber porqué, lleva el nombre.

APLICACIONES. — Las aplicaciones de todas estas variedades son muy comunes y conocidas como objeto de lujo; si bien hoy han perdido gran parte de su importancia por la fabricacion del cristal, que es mas diáfano, se talla con mayor facilidad, y de consiguiente, es mas barato. Las variedades opacas sirven para la loza, vidriado y porcelana.

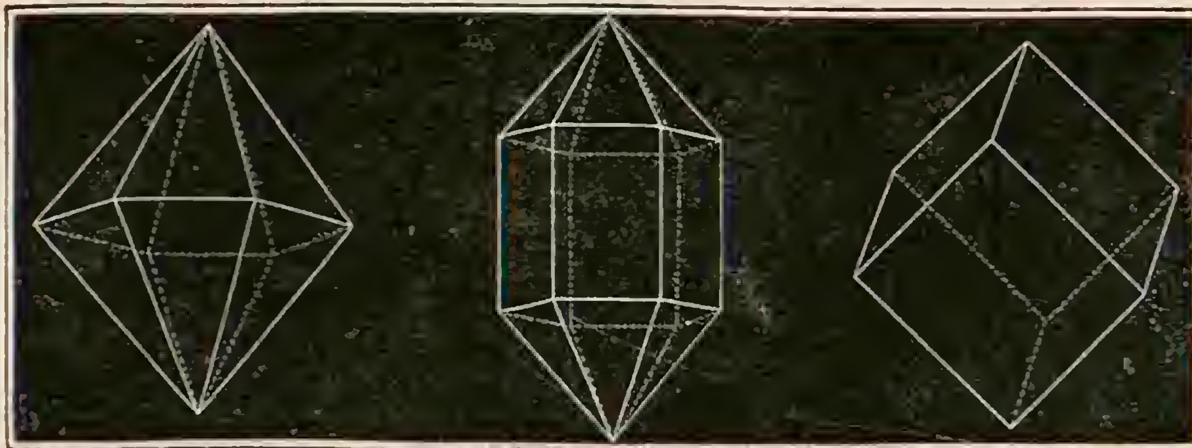


Fig. 28. — Formas del cuarzo

b. — CUARZO LITOIDEO

La segunda sub-especie del cuarzo es el litoideo, ó de aspecto pétreo, que se diferencia de la anterior por su estructura compacta ó térrea, á veces celular y porosa, y tambien orgánica cuando forma parte de los animales ó plantas fósiles. La fractura es astillosa y concoidea; su aspecto craso y como resinoso. Los diferentes colores y grados de trasparencia determinan una porcion de variedades; llámase Pedernal, cuando es opaco, de color oscuro, gris, azulado ó á veces negro, de estructura compacta y astillosa, y fractura concoidea perfecta, cortándose en astillas delgadas algo traslúcidas en los bordes. Calcedonia, si es trasluciente y de colores claros: Ágata, cuando es casi trasparente, blanca, gris y tambien compuesta de fajas de distintos colores: si la tinta que domina en las ágatas es amarilla ó anaranjada, recibe el nombre de Sardonix; Cornerina ó Cornalina, cuando roja; si azul Zafirina; Crisoprasa ó Plasma cuando verde; y por último, si los colores aparecen distribuidos en fajas concéntricas, recibe el nombre de Onix.

YACIMIENTO. — El pedernal, que geológicamente hablando es la variedad mas importante, se halla en forma de nódulos ó riñones en los terrenos jurásico, cretáceo y otros: la variedad que por su estructura porosa y celular, y por los usos á que se la destina se llama Silex, piedra molar ó de molino, es propia de los terrenos terciarios medios, etc.

APLICACIONES. — El pedernal se destina con gran ventaja al empedrado y á la construccion; se emplea en la alfarería, y en otro tiempo para labrar armas toscas y piedras de chispa; el silex molar para la construccion y piedras de molino; por fin, las calcedonias, ágatas, etc., son objetos de adorno.

c. — ÓPALO

El ópalo es un hidrato de sílice, ó sea en términos vulgares, un ágata ó pedernal combinado con cierta porcion de agua, que le comunica ese lustre resinoso y craso tan característico; su estructura es compacta, terrosa y orgánica, cuando forma parte esencial de los fósiles; llamándose muy particularmente gilópago ú ópalo leñoso, cuando petrifica las maderas, como se observa en los alrededores de Paris.

El color del ópalo en general es blanco lechoso, acompañado de cierto lustre craso, despidiendo á veces ciertos reflejos rojos metálicos, y una especie de irisacion en la variedad llamada de fuego y noble. A veces es completamente lapídeo, opaco y de color mas ó menos azulado y recibe el nombre de Medilita ó piedra de Menil, en los alrededores de Paris; donde se observa tambien el llamado néctico, que se distingue por sobrenadar en el agua: cuando su aspecto es francamente resinoso, se llama Resinita ó semi-ópalo; colocada cierta variedad dentro del agua se hace trasparente, y por esta razon se le da el nombre de ópalo diáfano.

Esta sub-especie es menos pesada que el cuarzo comun, y su dureza y tenacidad son igualmente menores, de donde resulta que no da tantas chispas con el eslabon.

Puesto al fuego el ópalo, pierde el agua y se blanquea.

YACIMIENTO. — Este mineral se encuentra por lo comun como mero accidente en los terrenos medios, en forma de nódulos é impregnando las rocas siempre de orígen posterior á estas; en realidad tiene muy poca importancia en Geología.

Los usos son de todos conocidos.

d. — JASPE

En general el vulgo llama Jaspe á todo mármol de colores; y como esto científicamente considerado es un error, debe combatirse. El jaspe es un mineral compuesto esencial-

mente de cuarzo, asociado á sustancias térreas, y en especial á óxidos ó hidróxidos de hierro, con una cantidad variable de carbon que le comunica la opacidad y los colores oscuros y hasta completamente negros, que lo distinguen.

Es una piedra mucho mas dura que lo que entiende el vulgo por tal; pues no se deja rayar por la navaja, siendo tambien inatacable por los ácidos; mientras los mármoles se descomponen con una efervescencia mas ó menos viva, y los raya á veces hasta la uña.

Segun los colores y la distribucion que estos afectan, reciben los nombres de jaspes rojos ó sanguíneos, listados ó en fajas, jaspe de Egipto y piedra de toque ó jaspe de Lidia, que es una piedra negra, de estructura compacta y muy dura, que sirve para el ensayo del oro y la plata, etc.

Tampoco tiene mucha importancia el jaspe para que nos detengamos en hablar aquí de su yacimiento. Lo mismo puede decirse respecto de sus aplicaciones, que se reducen á tallarlo en placas para mesas, pedestales y otros objetos de adorno.

MICA

La mica es un mineral brillante de color amarillo, blanco de plata, y á veces negro y tambien dorado, que se presenta muy á menudo en forma de pajuelas muy relucientes en el granito, en los asperones y entre las arenas de muchos terrenos de sedimento, y hasta en la tierra vegetal. El vulgo, juzgándola tan solo por el color y brillo, muchas veces metálico, la suele confundir con el oro y la plata. Es un mineral muy fácil de reconocer y distinguir: se presenta por lo comun en láminas ú hojas de dimensiones muy varias, que se separan en otras muy finas por la sola accion de la uña, con la cual se deja rayar con mucha facilidad; es flexible y elástica, que es lo que la distingue del talco. Se presenta en general cristalizada, si bien los cristales perfectos son raros: la forma dominante es un prisma muy rebajado, dependiente del romboidal recto, como lo demuestra la figura 29.

Las bases son brillantes y lisas, mientras las caras del prisma aparecen estriadas trasversalmente.

La composicion de la mica es muy variable; esto ha dado márgen á una porcion de sub-especies y tambien á gran número de dudas acerca del verdadero modo de considerarla. En último resultado, es un silicato doble de alúmina y flúor, con otras bases como la potasa, la magnesia y la litina, teñido todo por óxidos de hierro.

YACIMIENTO. — La mica es, en apariencia, el mineral mas comun en la composicion del globo, pues se encuentra

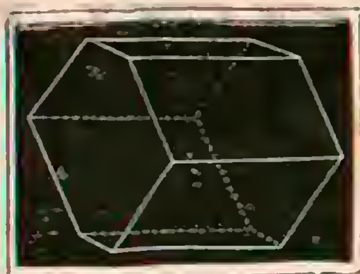


Fig. 29.—Forma dominante de la mica

en todos los terrenos desde los granitos, gneis y pizarras micáceas, hasta los de sedimento mas modernos y en la tierra vegetal. En estos últimos se encuentra como resultado de la descomposicion de las rocas antiguas que lo contenian primitivamente, conservándose con sus caractéres propios en razon á su mayor resistencia á la accion de los agentes exteriores. En general se observa, que su proporcion en las rocas es inversa á la del feldespato, en lo cual se ve la sábia prevision del Supremo Hacedor, pues conteniendo ambas sustancias los mismos ó muy análogos elementos de la tierra vegetal, donde abunda el feldespato escasea la mica y vice-versa; para que de esta manera la composicion se mantenga uniforme, al menos por lo que respecta á aquellos principios, que, como la sílice, la potasa, la magnesia, la cal, etc., son esenciales á la vegetacion.

APLICACIONES. — La mica cuando se encuentra en hojas de algun tamaño, sirve para sustituir al cristal ó vidrio en las ventanas de los edificios y en los buques, para lo cual goza de trasparencia y elasticidad suficientes para resistir á los golpes de mar y á la vibracion producida por los disparos de artillería: cuando se halla en hojitas de pequeño tamaño suele destinarse para las salvaderas.

Pero la gran aplicacion de esta sustancia es como mejoramiento de las tierras vegetales, á las que suministra, por descomposicion lenta, una porcion de materias indispensables para la vegetacion, tales como la sílice, la cal, la potasa y otras varias.

TALCO

El talco es un mineral bastante comun en las rocas llamadas magnéticas, en la clasificacion adoptada en esta obra, y en una especie particular de granito en el que reemplaza á la mica.

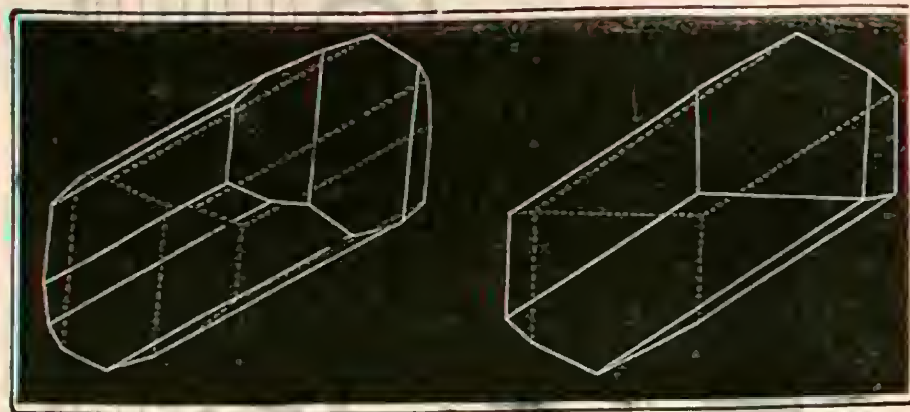


Fig. 30.—Formas del peridoto

Químicamente hablando, este mineral comprende todas las sustancias compuestas de silicato de magnesia y óxidos de hierro, con mayor ó menor proporcion de agua. El talco, la estatita, la piedra ollar y la serpentina, con todas sus variedades, deben en rigor comprenderse bajo esta denominacion.

El talco, tipo de la especie, es un mineral de tacto untuoso y suave; flexible sin ser elástico; tan blando que se deja rayar por la uña; compuesto de hojas ó escamas que se separan con la mayor facilidad; el color de la raya es blanco nacarado; el propio de la sustancia es verde claro y á veces blanco de plata; al soplete el talco funde con dificultad en los bordes.

La serpentina es mas bien una roca que una especie mineral, y en tal concepto la describiremos cuando le llegue su vez.

El talco forma parte integrante de varias rocas cristalinas y metamórficas, principalmente de la protogina y el cipolino; tambien entra en la composicion de muchas de las llamadas básicas y en varios pórfidos, sobre todo en los verdes ú ofíticos.

APLICACIONES. — El talco se destina á diferentes usos: la variedad llamada piedra ollar, muy comun en Suiza y el Tirol, sirve para la fabricacion de tazas, pucheros y otros utensilios: la conocida con el nombre de pagodita, para hacer bustos y estatuas de lujo que sirven de ornato en las pagodas de la China, de cuyo país procede; la tierra verde de Verona, variedad de esta especie, se emplea en la pintura, etc.

Los carbonatos de cal, y de cal y magnesia, ó sea las piedras calizas y la llamada Dolomia, como que forman masas considerables, se hallan incluidas en las rocas; de consiguiente es excusado hacer aquí el exámen detallado de sus caractéres.

PERIDOTO

El peridoto es un silicato de magnesia, al que muy á menudo se asocia el protóxido de hierro y de manganeso, y á veces la cal y la alumina; es de color de aceituna, por cuya razon se le conoce tambien bajo el nombre de olivino; su fractura es algo concóidea y brillante; raya al vidrio y al feldespato, y se deja rayar por el cuarzo; su brillo es vítreo, traslúcido y á veces trasparente. Su peso específico está representado por 3,3; es infusible al soplete; pero lo atacan con mas ó menos energía los ácidos.

Este mineral se presenta cristalizado en formas dependientes del prisma romboidal oblicuo, siendo las mas comunes las representadas en la figura 30, procedente de cristales del Vesubio y del Puy en Francia.

Otras veces se encuentra en masas granulares sueltas, ó formando nódulos en el interior de las rocas volcánicas, y muy especialmente en los basaltos. En este caso los granos suelen ser redondeados, y á menudo angulosos, de un color verde amarillento muy claro, y tambien hialinos, recibiendo el nombre de crisolita de los volcanes, con el que fué conocido en la joyería, mucho tiempo antes que en el terreno de la ciencia.

La importancia del peridoto en Geología consiste principalmente en ser la sustancia característica de los basaltos; en las otras rocas volcánicas, como traquitas y lavas, es muy raro y accidental.

APLICACIONES.—Las aplicaciones del peridoto se reducen á las de la joyería, como piedra fina muy agradable á la vista. El entrar en su composicion la sílice, la magnesia, el hierro y la cal le da gran importancia en agricultura, como la demuestra la fertilidad de las tierras basálticas, á la cual concurre muy principalmente la descomposicion de esta especie mineral.

Los tres minerales que siguen, á saber, la diálaga, el piroxeno y el anfíbol, ofrecen tantos puntos de contacto por su composicion, por las formas que afectan, por su dureza, densidad ó peso específico, y tambien hasta cierto punto, por sus relaciones geológicas, que el famoso mineralogista Rose propuso su reunion en un grupo de especies bajo el nombre de Uralita, por ser todas ellas muy comunes en las dioritas de los montes Urales en Rusia.

DIALAGA

La diálaga es un silicato de magnesia, cal y hierro, constituyendo dos variedades, la primera llamada broncita, en la que predomina la magnesia y el hierro, y la segunda, schillerspath, en la que, por el contrario, la base principal es la caliza, circunstancia que determina su mayor fusibilidad.

Broncita.—La broncita, llamada así por su brillo metálico parecido al del bronce, es de color pardo y amarillo verdoso; raya al espato flúor y se deja rayar por el cuarzo; su peso es de 3,125; infusible al soplete por la cantidad de magnesia que contiene, pero toma, sin embargo, un color mas claro.

Schillerspath.—El schillerspath es de color verde aceituna, verde gris y tambien oscuro tirando á negruzco; su dureza y densidad son casi iguales á las de la broncita, de la que se distingue, no obstante, en que funde al soplete por el predominio de la cal.

APLICACIONES.—La diálaga, representada por las dos variedades indicadas, solo ofrece interés científico como base principal de una porcion de rocas de las llamadas básicas, y muy principalmente de las eufótidas, de la diorita orbicular ó verde de Córcega, y de la eglogita asociada al granate. Tambien es muy comun en la serpentina y en la llamada piedra ollar.

PIROXENO

El piroxeno, palabra griega derivada de dos raíces, *pyr*, que significa fuego, y *xenos*, huésped, representa un grupo de minerales muy comunes en los volcanes y en ciertas rocas ígneas, segun expresa su etimología. Todos ellos se hallan compuestos de un silicato de cal, variando las proporciones de esta sustancia y de la magnesia, el hierro y el manganeso que se reemplazan ó sustituyen perfectamente, en proporciones atómicas determinadas. En vista de su variada composicion, los autores, antes de conocer las leyes del isomorfismo, formaron tantas especies cuantas eran las modificaciones de sus elementos componentes. Haüy, sin embargo, viendo que todos los minerales que se referian á este grupo cristalizan en el mismo sistema, los reunió bajo una sola especie conocida con el nombre de piroxeno. Por último, Brongniart adoptó estas ideas de su antecesor, aunque en atencion al predominio que en unos toma la cal y la magnesia, y en otros la cal, el hierro y la magnesia, forma dos grupos, colocando en el primero los piroxenos llamados diópsidos ó silicatos de cal y de magnesia, y en el segundo á los conocidos con los nombres de Hedenbergita y augita. A estos hay que añadir un tercer grupo, el de la Jeffersonita, formado por aquellos en que el manganeso reemplaza á parte del hierro. Hay, pues, que dar á conocer piroxenos calizo-magnésicos, piroxenos ferrugíneos y piroxenos manganesíferos. Los primeros y los últimos pertenecen á los terrenos antiguos, y se encuentran en las formaciones plutónicas y en las rocas metamórficas; mientras los piroxenos ferrugíneos son peculiares de los productos volcánicos mas modernos y de ciertos pórfidos medios.

Los caractéres comunes á todos son, en primer lugar, la forma dependiente de un prisma romboidal oblicuo, siendo las mas comunes las de las figs. 31 y 32.

El peso específico ó la densidad es tambien igual en todos con poca diferencia, representada por 3 y una fraccion; rayan á la fosforita y se dejan rayar por el vidrio; al soplete funden con mas ó menos dificultad.

Diópsido.—En cuanto á los caractéres distintivos, vemos que el piroxeno diópsido es un mineral gris, verde claro, oscuro y hasta negro; á veces hialino, traslúcido y hasta trasparente; su fractura es laminar en el sentido de las caras, concóidea ó irregular al través; casi siempre se presenta cristalizado. Esta especie ofrece una porcion de sub-especies ó variedades, entre las cuales las mas notables son la malacolita en masas laminares; la cocolita, que se presenta granuliforme, la allalita, pargasita, y otras.

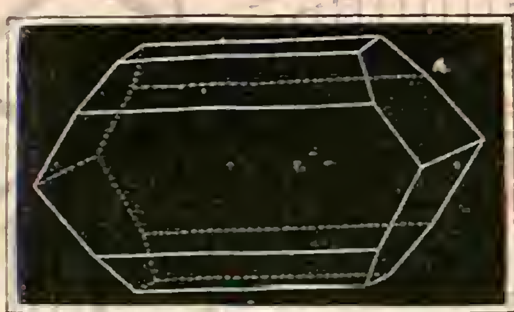
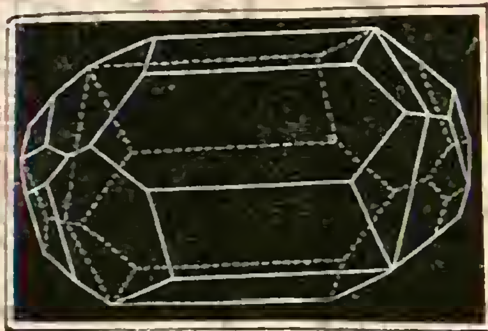
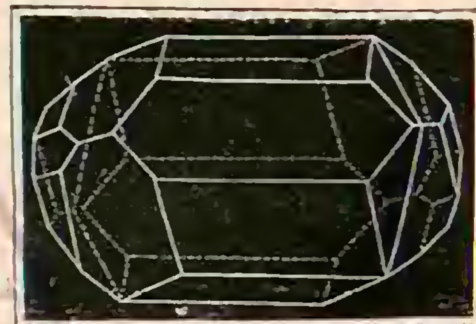
Hedenbergita.—La Hedenbergita, que comprende el asbesto, la hiperstena, y la augita ó piroxeno de los volcanes por excelencia, ofrece en el primero un color blanquecino algo nacarado, y la estructura fibrosa que lo distingue perfectamente; en cuanto á las otras variedades, el color verde es oscuro, y en la augita completamente negro y opaco, aun en láminas delgadas. Este último es el mas duro de todos los piroxenos, llegando á atacar un poco al vidrio.

Jeffersonita.—Por último, la Jeffersonita es de color de aceituna cuando cristaliza, y en masas hojosas es pardo oscuro y de brillo metálico.

APLICACIONES.—La importancia de las diversas variedades de piroxeno estriba en la frecuencia con que se observan en la composicion de determinadas rocas, como queda ya indicado. Su descomposicion suministra una porcion de elementos á la tierra vegetal, que le comunican cualidades excelentes para el cultivo de la vid, de los cereales y de otras plantas.

ANFÍBOL

La palabra anfíbol se deriva del griego *amphibolos*, que significa dudoso, y se aplica á un grupo de especies de silicatos de cal y otras bases, con las que antiguamente se confundian una porcion de sustancias que solo se asemejan por los caractéres exteriores. Hoy dia se ha circunscrito este nombre á tres especies, á saber: al anfíbol blanco ó gris verdoso, llamado tremolita ó gramatita; al negro, dicho hornblenda, y al verde ó actinota que, por su composicion y caractéres exteriores, puede considerarse como el lazo que une á las dos anteriores. Todas tres cristalizan en formas dependientes del prisma romboidal oblicuo, diferenciándose tan solo de las del piroxeno, por el valor de sus ángulos, como se ve en la figura 33.

Figs. 31.—Formas del piroxeno

Geológicamente hablando, no todas tienen igual importancia; pudiendo asegurar que el negro, ó sea la hornblenda, es la única que merece especial mencion, por cuanto entra en la composicion de gran número de rocas básicas, como veremos en su lugar.

Tremolita.—La tremolita es un mineral compuesto de sílice, cal, magnesia y algo de protóxido de hierro y de manganeso; es un anfíbol calizo, de color blanco ó gris verdoso; de estructura fibrosa y tambien radiada á veces; de brillo sedoso; raya á la cal carbonatada; pesa 2,931; funde al soplete en esmalte ó vidrio blanco.

Se presenta accidentalmente en masas fibrosas, en cristales diseminados en ciertas calizas sacaróideas y en rocas pizarrosas de los terrenos paleozóicos.

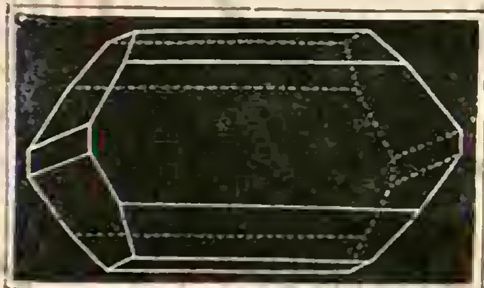
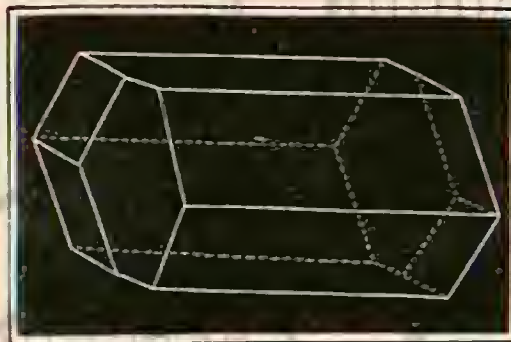
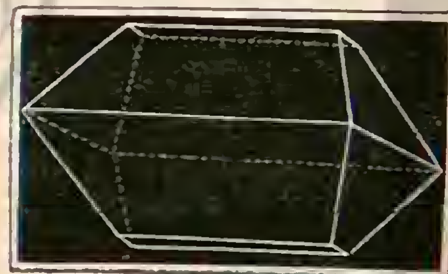


Fig. 32.—Forma del piroxeno

Figs. 33.—Formas del anfíbol

Hornblenda.—El hornblenda es un mineral negro y opaco; de estructura laminar y con frecuencia fibrosa; brillante en las dos caras de crucero; su peso es 3,167; funde en esmalte negro con facilidad, y se deja atacar muy difícilmente por los ácidos. A veces se presenta acicular; otras en granos de un color verde oscuro, y mas comunmente en prismas de seis caras del sistema romboidal oblicuo con las bases apuntadas.

No es raro encontrarlo de estructura granosa imitando á la caliza sacaróidea, y á veces compacto, de color completamente negro, constituyendo lo que los alemanes llaman hornstein ó piedra córnea. En su composicion entra la sílice, la cal, la magnesia y el hierro, que es el elemento dominante.

Esta especie entra en muchas rocas como elemento esencial, llegando á constituir por sí sola la anfibolita; en la sienita puede decirse que forma $^1/_3$ por lo menos de la masa; asociado al feldespato albita constituye las dioritas, rocas básicas de gran importancia, como se verá mas adelante; en los terrenos volcánicos, y muy especialmente en los traquíticos, se encuentra tambien esta especie; en ciertas comarcas la hornblenda se encuentra formando rocas metamórficas, como sucede en la isla de Elba, cerca de Rio, y no léjos de las famosas minas de hierro. De manera que este mineral se encuentra en toda la serie de rocas plutónicas y metamórficas, si bien predomina generalmente en los terrenos antiguos.

Actinota.—La actinota es un anfíbol de color verde claro, que se presenta en masas bacilares y tambien fibrosas, raras veces bien determinadas; casi tan pesado como la hornblenda; funde en un vidrio algo teñido de verde, y en su composicion la magnesia y la cal casi se equilibran en sus respectivas proporciones.

Tampoco tiene la actinota gran importancia geológicamente considerada; sin embargo, se la encuentra en masas fibrosas y aciculares, asociada á las serpentinas y dioritas, y entra como elemento mineral en ciertos pórfidos verdes y en las dioritas y ofitos.

APLICACIONES.—La descomposicion de estas especies suministra á la tierra vegetal elementos preciosos, tales como la cal, el hierro y la magnesia.

En cuanto á las arcillas, como que se describen mas adelante consideradas como verdaderas rocas, prescindimos de tratar de ellas en este lugar.

ARTÍCULO II

CARACTÉRES DE LAS ROCAS

Dadas á conocer las especies minerales, que con mas frecuencia se observan en las rocas, estamos ya en el caso de exponer los principales caractéres de que el geólogo echa mano para distinguirlas, clasificarlas y describirlas, lo cual pudiera decirse que constituye la base del verdadero lenguaje geognóstico.

Aunque algunos geólogos han llevado este estudio á un grado tal de minuciosidad que pudiéramos calificar de meticuloso, admitiendo hasta quince grupos de caractéres, á saber: 1.° Composicion; 2.° Cohesion; 3.° Estructura; 4.° Contralecho; 5.° Porosidad; 6.° Color; 7.° Traslucidez; 8.° Fosforescencia; 9.° Olor; 10. Magnetismo; 11. Peso específico; 12. Fragmentacion; 13. Sonido; 14. Humedad; y 15. Alteracion; sin embargo, nosotros nos limitaremos á los mas importantes, añadiendo breves consideraciones respecto de los demás.

COMPOSICION

El carácter fundamental que debe llamar mas la atencion del geólogo, y por donde ha de empezar la descripcion de todas las rocas, es el que se refiere á sus elementos componentes.

Elementos esenciales.—Son esenciales á la composicion de una roca, aquellos sin cuya presencia no merece el nombre que lleva; así, por ejemplo, el granito no podria llamarse tal, si no constase de cuarzo, feldespato y mica. Estos tres minerales deben, pues, considerarse como esenciales á la composicion de dicha roca.

En el gneis lo son el feldespato y la mica; en los mármoles el carbonato de cal, y así de todas las demás.

Elementos accidentales.—Los que sin ser necesarios á la composicion de la roca, suelen presentarse con alguna frecuencia, relacionándose algun tanto con su naturaleza. Así, por ejemplo, los cristales de feldespato en un granito no son esenciales á su composicion, pero algo se relacionan con esta, y se presentan con bastante frecuencia.

El cuarzo en el gneis, la mica en la pegmatita, los granates en las pizarras talcosas, cloríticas, etc., se encuentran en igual caso, perteneciendo todos estos casos á la categoría de accidentales.

Accesorios se llaman cuando se presentan con menos frecuencia aun en las rocas, con cuya composicion casi nunca se hallan relacionados. En esta categoría se hallan la analcima, que rellena las oquedades de basalto de las islas Ciclopes, la gismodina di Capo de Bove en Roma, los aragonitos y tantas otras sustancias que se observan en el interior de las rocas, por efecto de operaciones posteriores á su consolidacion, así como los metales y piedras finas diseminadas en su masa.

Simples y compuestas.—Segun el número de elementos esenciales á la composicion de una roca, así se llaman estas simples cuando constan de uno solo, como las calizas, los yesos, etc.; y compuestas cuando constan de dos ó mas, como el granito, el gneis, la sienita, etc.

A las primeras se las llama tambien homogéneas, y heterogéneas á las segundas.

Fanerógenas, adelógenas y mixtas.—Las rocas compuestas pueden presentar aparentes los distintos minerales que las componen, en cuyo caso se llaman fanerógenas, de *faneros*, cosa aparente, y *genos*, engendrar; por ejemplo, el granito ó la protogina. Cuando no aparecen á la simple vista, ni aun con el auxilio de la lente, se llaman adelógenas, de la palabra *adelos*, que significa oculto; tambien pudieran llamarse criptógenas, como el petrosilex, el basalto de grano muy fino y muchas otras.

Por último, cuando del fondo de una roca adelógena se destacan bien visibles otros elementos esenciales á la composicion de la roca, esta se llama mixta, en razon á que si en su totalidad es fanerógena, en la pasta es adelógena, como sucede en los pórfidos.

El conocimiento de los elementos constitutivos de las rocas, base fundamental de la Geognosia, es fácil á poca experiencia que se tenga, cuando se trata de rocas simples, y aun de las compuestas fanerógenas. Pero la dificultad empieza cuando hay que clasificar una roca adelógena, es decir, compuesta, pero de elementos ocultos. En estos casos el geólogo puede valerse de diferentes medios para llegar al completo conocimiento de lo que desea.

Cristales diseminados.—El primero consiste en la presencia de cristales diseminados en la masa de la roca que se examina, pues no siendo de las sustancias que han penetrado con posterioridad á su consolidacion, puede tenerse casi seguridad de que por lo menos aquella sustancia que vemos cristalizada á la superficie, forma parte tambien de la masa total de la roca. Tal es lo que sucede en los pórfidos feldespáticos, cuarcíferos, anfibólicos, etc., en los basaltos y en muchas otras rocas.

Tránsito.—Otro de los poderosos recursos á que puede apelarse en estos casos, es el tránsito de una roca adelógena á otra fanerógena ó vice-versa, porque no habiendo discontinuidad entre ellas, el presentarse los elementos constitutivos visibles, y hasta á veces cristalizados en una, y ocultos en otra, solo significa que las condiciones bajo cuya influencia se han formado son distintas, subsistiendo idéntica la composicion; lo cual hace que en la fanerógena se ponga en claro, á simple vista, lo que está muy oscuro en la otra.

La descomposicion, determinada por los varios agentes que examinamos mas atrás, pone con frecuencia de manifiesto, lo que antes estaba oculto en la estructura y naturaleza de las rocas. Conviene, pues, fijarse mucho en aquellos puntos en que esta operacion se verifica en mayor ó menor escala.

Estos dos últimos medios indican claramente que el estudio geológico no puede hacerse solo en el gabinete, sino que importa sobre manera completar las nociones que se adquieren oyendo al profesor, ó leyendo libros referentes á la materia, con excursiones á aquellas comarcas donde ocurren casos semejantes. Debiendo advertir para terminar, y con el fin de que sirva de estímulo al estudio práctico, que lo que aparenta ser difícil en el gabinete ó en la cátedra, se presenta muy claro, fácil é inteligible en el gran libro de la naturaleza.

Empleo del eslabon.—A veces basta el uso del eslabon para revelarnos la presencia de sustancias que no aparecen á la simple vista en las rocas, como sucede, por ejemplo, con la sílice en muchas rocas de apariencia caliza.

Frote y percusion.—Tambien por medio del frote ó la percusion con el mismo martillo que debe llevarse siempre en las exploraciones geológicas, puede ponerse de manifiesto ciertas sustancias bituminosas por ejemplo, ó el hidrógeno sulfurado que da cierta fetidez á las rocas, sustancias cuya existencia no es fácil sospechar á la simple vista.

Ensayo mecánico.—Aunque no es muy comun que las rocas mas refractarias resistan á todos estos medios, poderosamente secundados por una mediana práctica, sin embargo, puede ocurrir que á pesar de todo no lleguemos á conecer la roca de que se trata. En este caso los autores aconsejan

apelar á lo que se llama ensayo mecánico, reducido á triturar en un morterito de ágata un pequeño fragmento de la roca, á la que se aplica despues la aguja magnética, con lo cual puede ya averiguarse si entra en su composicion algo de hierro, de níquel ó cobalto. Despues se colocan los fragmentitos sobre un pedazo de vidrio ó cristal, que se tiene con una mano, golpeándolo con la otra con el fin de obtener una separacion por tamaños, lo cual puede tambien conseguirse por medio de unas gotas de agua. Hecho esto, se separan con una pluma ó brocha fina los de un mismo tamaño, los cuales se llevan al campo del microscopio, que para el objeto bastará que dé un aumento de treinta á cuarenta diámetros. El ojo experimentado del mineralogista podrá distinguir perfectamente por el color, brillo, formas cristalinas, trasparencia, opacidad, etc., las diferentes sustancias de que se compone aquella roca que se presentaba velada y misteriosa.

Exámen micrográfico.—En estos últimos tiempos se ha puesto el microscopio al servicio de la Mineralogía, Geología, Botánica y demás ciencias naturales, con el fin de auxiliar el conocimiento de la estructura íntima de los séres orgánicos é inorgánicos, dando á conocer por sus caractéres hasta las sustancias que en menor cantidad se presentan en pequeñísimas porciones en lo mas recóndito de su masa, representando en cierto modo, como si dijéramos, el vestíbulo ó ingreso al análisis químico; supuesto que á los datos que suministra la Micrografía, puede decirse que solo le falta dar un paso por medio del soplete ó el reactivo para determinar con exactitud matemática la composicion ó naturaleza de aquellas sustancias, cuyos caractéres mas decisivos han sido ya determinados por la inspeccion microscópica.

A tal punto es esto cierto, que aunque se nos tache de exagerados, nos atrevemos á decir que sin el microscopio y los reactivos químicos es imposible conocer á fondo las rocas, y penetrar con paso firme por medio de la experimentacion en el campo siempre espinoso de las hipótesis, que acerca del proceso de su formacion se han inventado.

En el artículo *Metamorfismo* se dará una demostracion de la verdad de lo que acaba de indicarse, al explicar por medio del microscopio las modificaciones que ha ido sucesivamente experimentando el mineral llamado peridoto, hasta convertirse en serpentina; pero limitándonos por ahora á demostrar la importancia de la aplicacion del microscopio para el reconocimiento de los elementos componentes de las rocas, bastará decir que algunos mineralogistas, tales como Ziurkal y Lassaulx, han tomado por base este dato para la clasificacion que daremos á conocer mas adelante, y que hoy existen sobre todo en Alemania varios centros industriales, dedicados exclusivamente á preparaciones micrográficas de minerales, rocas, fósiles, plantas y organismos animales, desde los mas sencillos hasta el hombre mismo: siendo asombrosos los progresos en este ramo, en muy pocos años realizados, publicándose periódicamente en Inglaterra y Alemania varias revistas y obras de importancia reconocida en esta especialidad.

En el gabinete de Historia Natural se ha establecido recientemente un laboratorio químico micrográfico, merced al celo que por los progresos de la ciencia distingue á la Junta de Profesores, habiéndose adquirido estos últimos dias en el extranjero dos preciosos microscopios con todos los aparatos accesorios, y se hacen preparaciones de minerales y rocas, sirviéndonos al efecto del sistema adoptado por el distinguido geólogo-micrógrafo Sr. Macpherson, reducido á lo siguiente: desprendida una pequeña porcion del ejemplar que quiere someterse á la observacion, se procura que una de sus caras sea bastante igual para que pueda adaptarse á una lámina de vidrio, á la que se adhiere, calentando un poco del bálsamo del Canadá, el cual, al enfriarse, de tal manera une al ejemplar con el vidrio ó cristal, que antes se rompe que se desprende. Hecho esto, se somete á una friccion sostenida contra unas piedras amoladeras, de diferente grano, que se traen ya de Alemania preparadas con esmeril; teniendo cuidado de sumergirlas en agua para favorecer la operacion, poniéndolas dentro de una caja de hoja de lata ó zinc, continuando la operacion desde la amoladera de grano mas grueso, hasta la mas fina; quedando á la discrecion del operador el darle el espesor conveniente, segun lo que se proponga. Terminado esto se lava el ejemplar con espíritu de vino para que no quede ninguna impureza, cubriendo definitivamente el objeto con una delgadísima lámina de cristal por medio del mismo bálsamo: con lo cual queda aquel con todas las condiciones apetecidas para la observacion; la cual suele completarse cuando el caso lo requiere, con el dibujo que se obtiene por la vision directa, ó por medio de la cámara clara.

El estudio que hasta ahora se ha hecho de las rocas, valiéndonos de los medios de que disponíamos, puede decirse que no era mas que en grande; limitándonos al conocimiento de los principales elementos constitutivos y de la estructura aparente; pero hoy, merced al eficacísimo auxilio del microscopio, podemos llegar hasta la estructura y composicion íntima, desentrañando lo mas recóndito de su naturaleza, lo cual contribuye eficazmente á modificar la opinion que acerca del origen y metamorfósis de muchos materiales terrestres nos habíamos formado; sin embargo, para llegar al cabal conocimiento de la composicion íntima de los elementos mineralógicos constitutivos de las rocas, es de todo punto indispensable valerse del análisis químico; bien sea, y esto es lo mejor, fiado en conocimientos propios ó acudiendo al especialista en esta materia. La índole de la obra no permite extendernos mas sobre este asunto, que encontrarán los lectores ampliamente tratado en las obras de Química analítica.

COHESION

La mayor ó menor fuerza con que se hallan reunidos los elementos constitutivos de una roca, se llama *cohesion*, segun la cual, se dividen aquellas en *sólidas* ó *adherentes* y *sueltas* ó *incoherentes*, con arreglo á la escala en que se pone de manifiesto la fuerza de agregacion molecular. Cuando esto se refiere al modo de verificarse la union de los distintos elementos constitutivos de las rocas, estas reciben el nombre de *agregadas* y *conglomeradas*, concretándose, como es fácil comprender, á las sólidas ó sea á aquellas cuyas moléculas no pueden separarse sin un esfuerzo mas ó menos considerable.

Agregadas y conglomeradas.—Llámanse agregadas aquellas cuyos elementos constitutivos se mantienen unidos por su propia cohesion; mientras que si se interpone un jugo lapídeo cualquiera, haciendo el oficio de cemento ó materia unitiva, se llaman conglomeradas. En las primeras todos los elementos esenciales son contemporáneos; esto es, se han formado al mismo tiempo, y bajo la influencia de condiciones iguales, como se ve, por ejemplo, en el granito, en la pegmatita, en el gneis y en muchas otras. Por el contrario, en las segundas, ó sea en las conglomeradas, el cemento que aglutina y los fragmentos cementados son de época distinta, y hasta pueden pertenecer los últimos á rocas y terrenos de edades muy diversas. Segun que los fragmentos aglutinados son angulosos ó redondeados, así se llama brecha y pudinga, almendrilla ó almendron, la estructura de la roca.

Dureza, tenacidad, etc.—Tanto las rocas agregadas como las conglomeradas pueden ofrecer mayor ó menor cohesion, resistiendo en diferente escala al esfuerzo que se hace para separar sus moléculas. Esto da orígen á los diversos grados de dureza, fragilidad, tenacidad, etc.

Generalmente hablando, el martillo es el instrumento de que con mas frecuencia se vale el geólogo para experimentar estas propiedades de las rocas; para lo cual puede servir tambien la punta de la navaja ó el eslabon. En este concepto las rocas pueden ser muy duras, como las de esmeril, la cuarcita, etc.; duras como las feldespáticas; agrias ó frágiles, como la obsidiana y el pedernal; tenaces como las serpentinas; deleznables como la creta, etc.

Rocas sueltas.—Cuando los elementos constitutivos de las rocas no ofrecen trabazon alguna, se llaman sueltas ó incoherentes, como sucede con las arenas, y en general con todos los materiales térreos y con las arcillas, sobre todo, cuando están completamente secas.

ESTRUCTURA

Llámase estructura en las rocas, á la disposicion particular que afectan sus elementos constitutivos al agruparse para formar una masa mas ó menos considerable.

Para facilitar la inteligencia de este carácter que es muy importante, lo consideraremos primero en las rocas agregadas, y despues en las conglomeradas.

Rocas agregadas, estructura simple.—En las rocas agregadas puede ser la estructura simple ó uniforme, y compuesta ó compleja. Distínguese la simple con los siguientes nombres: *granosa* ó *granítica*, como por excelencia se observa en el granito; *granulosa*, cuando el grano es mas fino, ejemplo la leptinita; *arenoidéa* cuando los granos son algo redondeados, pero sin cemento que los una, como es el caso de la Dolomia; *gráfica* ó escrita, segun se observa en la pegmatita, así llamada por el singular modo de distribuirse en ella el cuarzo y el feldespato, cuya seccion trasversal imita caractéres arábigos; *laminar* y *hojosa*, cuando sus elementos aparecen dispuestos en capas delgadas y paralelas, como se ve en el gneis y en muchas otras; *compacta*, cuando los elementos reducidos á la mas mínima expresion de tamaño, dejan pocos huecos entre sí, segun se nota en los petrosilex, en muchos basaltos, etc.; *celular* y *cavernosa*, cuando los poros son muy visibles, llegando á constituir hasta verdaderas oquedades, como sucede en muchas rocas volcánicas, y en especial en la piedra pómez, cuya estructura es además fibrosa; *vítrea*, cuando por el aspecto y solidez imita al vidrio, segun se observa en la obsidiana; *arcillosa* y *térrea*, cuando imita el aspecto de la arcilla ó de la tierra, siendo por lo comun algo celular y no muy consistente, como es el caso de muchas traquitas de los basaltos descompuestos y de muchas otras.

Rocas agregadas; estructura compleja.—La estructura compleja de las rocas agregadas se llama *porfídica* cuando del fondo de una masa uniforme se destacan cristales de la misma ó de distinta naturaleza (pórfidos): *porfiroidéa*, cuando en una roca granosa se encuentran cristales de feldespato ó de cualquiera otra especie mineral, como se ve en muchos granitos: *glandular*, cuando los cristales, en vez de hallarse esparcidos sin órden alguno en la roca, forman grupos que imitan á ciertas glándulas ó nódulos, como se observa en la talcita cuarcífera; *globular* y *globuliforme*, cuando los elementos forman masas redondeadas de un tamaño mayor ó menor: *variolada*, cuando los glóbulos aparecen imperfectos, distinguiéndose tan solo por manchas que revelan un principio de descomposicion en la roca y su tendencia á la estructura globular (variolita): *amigdaloidea*, cuando en el interior de la masa se presentan elementos no esenciales á la roca, en forma de núcleos, ora compactos, ora llenos de cristales ó tapizados por estos (la lava con incrustaciones): *fragmentosa*, cuando la masa de la roca ofrece en su interior pedazos irregulares y de distinto tamaño; *entrelazada* y *reticular*, cuando en una roca se encuentran combinadas confusamente varias estructuras de las mencionadas, como se ve en el mármol de Campan, en la ofiolita y en otras muchas.

Estructura de las rocas conglomeradas.—Puede ser *compacta* cuando el cemento ocupa todos los espacios que dejan entre sí los elementos de que consta, como sucede en muchos mármoles: *arcillosa* ó *arcilloidea*, cuando ofrece un aspecto parecido al de las arcillas (creta); *arenácea*, cuando son granos de arena los elementos aglutinados por un cemento casi imperceptible, como se nota en los asperones ó areniscas; *oolítica* si los granos son pequeños y redondos, parecidos á huevos de pescado (*oos* huevo, *lithos* piedra); *pisolítica*, de *pisum*, guisante, cuando son mayores y formados de capas concéntricas: si los elementos alcanzan mayor tamaño se llama *fragmentosa*, distinguiéndose con los epítetos de *brecha* si son angulosos y *pudinga* si redondeados.

HILO Ó CONTRALECHO

Llámase hilo ó *contralecho* la tendencia que ofrecen muchas rocas, particularmente las pizarrosas, á hendirse ó fracturarse en un sentido determinado, ora en la misma, ó en direccion contraria á la que afectan sus estratos. A este carácter, que conviene no confundir con la verdadera estratificacion, lo llaman otros estructura; su estudio nos suministra las variedades siguientes: *tabular*, cuando se separa en lajas de algun grueso ó espesor (fonolita): *laminar* y *hojosa*, cuando son muy delgadas, como se nota en las pizarras micáceas: *pizarrosa* ó *pizarreña*, cuando las láminas son de espesor diferente (gneis y pizarras): *prismática*, cuando las rocas tienen tendencia á tomar formas regulares, como sucede con los basaltos, algunas traquitas, obsidiana y otras rocas no solo ígneas, sino tambien de sedimento, como las arcillas, por retraccion.

Aunque siguiendo en esta materia á Mr. Cordier, indicamos al empezar este artículo quince caractéres que debian servirnos de guia en el arduo é importantísimo estudio de las rocas, puede decirse que los que acabamos de examinar son los mas esenciales, tanto por la importancia secundaria de los otros, cuanto porque muchos de ellos se hallan en rigor embebidos en los que acabamos de exponer. Así, por ejemplo, la porosidad está, si se quiere, comprendida en la estructura y tambien hasta cierto punto la densidad, pues en general cuanto mas compacta es una roca, tanto mayor es su peso.

Color.—En cuanto al color, solo puede decirse que el predominio de ciertos elementos determina una coloracion particular en las rocas. Así es que, en general, las tintas negras son propias de las sustancias combustibles y de las rocas en que predominan el anfíbol hornblenda, el piroxeno augita, la hiperstena, etc.: los colores verdes son muy comunes en las que predomina la serpentina, el diópsido, la actinota, algunas tremolitas, etc.: los blancos se observan muy á menudo en las calizas, en las rocas feldespáticas descompuestas y en otras muchas: el peróxido de hierro se deja apreciar por el color rojo: el verde supone la presencia del cobre, y así de otros varios.

Traslucidez. — Respecto á la traslucidez, las rocas son opacas, como sucede en la inmensa mayoría de ellas, y traslúcidas como la obsidiana y el mármol de Carrara; de trasparentes no conozco ninguna.

Fosforescencia.—La fosforescencia es un carácter precioso, por cuanto es inherente á la composicion de determinadas sustancias, si bien el número de estas es muy corto. La *fosforita* ó fosfato de cal y algunos granitos de Extremadura y Galicia, son las únicas rocas que, puestas á la lumbre reducidas á polvo, ó en otras condiciones, despiden ese color azulado en la llama característica de esta propiedad.

Olor.— Por lo que toca al olor tambien es un carácter de escasa importancia. Sin embargo, el *bituminoso* que despiden los combustibles excepto la turba; el de tierra, que dan todas las sustancias arcillosas cuando se las aplica el aliento; el fétido, que desarrolla una especie de combustible llamado *Dusodila*, y el empireumático de la turba, son característicos; el olor que despiden por la percusion algunas rocas, pone en claro la existencia de ciertos principios bituminosos ó hidrogenados, como se observa en las calizas fétidas y en la mayor parte de los mármoles negros. Procedente del terreno silúrico de May (Francia) traje, y figura en el Gabinete de Historia Natural, una caliza negra que al golpearla despide un olor parecido al de las trufas, efecto de la presencia del hidrógeno fosforado, segun ensayo practicado por mi amigo D. José Solano, celoso y diligente Ayudante de Geología y Mineralogía del Museo.

Magnetismo.—La atraccion que ciertas rocas ejercen sobre la piedra iman, revela la presencia del hierro ó de determinados minerales que lo contienen, como por ejemplo, los Granates.

Densidad. — La densidad ó peso específico, muy importante considerado científicamente, en cuyo caso hay que echar mano de la balanza ó del frasco de volúmen constante, en el terreno práctico de la determinacion de las rocas es de escasa utilidad. No obstante, cuando una roca es muy pesada, supone la presencia de algun metal ó de ciertas sustancias térreas, tales como la *barita* ó la *estronciana*. El silex néctico, la piedra pómez, el lapilli y las escorias de la lava, con otras rocas en escaso número, se reconocen fácilmente por su ligereza, que llega en algunas hasta el punto de sobrenadar en el agua.

Fragmentacion.—La fragmentacion, ó sea la tendencia de ciertas rocas á tomar determinadas formas al dividirse natural ó artificialmente en su tránsito del estado pastoso al sólido, suele ser un carácter precioso. Así es, que los basaltos se distinguen en general por sus formas prismáticas, aunque tambien las ofrecen las traquitas, la obsidiana, algunas lavas y las sustancias arcillosas al retraerse su materia por la accion del calor. Muchas rocas de feldespato compacto ó petrosiliceas suelen cuartearse y presentar formas cúbicas ó romboédricas, á la inmediacion de sustancias ígneas. Una cosa análoga se observa en el carbon mineral ó hulla.

Sonido.— El sonido que producen por el choque del martillo ó de cualquier otro instrumento, suele ser característico en muchas rocas, como en la fonolita, por ejemplo, llamada tambien por los alemanes klingstein, por el sonido particular que da cuando se la golpea.

Humedad.—La humedad de las rocas depende en gran parte de la estructura, y de su naturaleza propia. Las silíceas en general, y muy particularmente las arenáceas, son secas y áridas: las calizas y volcánicas lo son tambien por la facilidad con que dejan pasar el agua: por el contrario, son húmedas las arcillosas y todas aquellas en que predomina la alúmina, pues este elemento les comunica la impermeabilidad que las distingue y les da mucha importancia.

Alteracion.— La alteracion por descomposicion ó por metamorfismo, determinado por la accion del calor y de otros agentes que actúan sobre las rocas, es un carácter muy importante en el estudio de estas, y aun lo es mas el que desprende del exámen de los tránsitos de unas á otras. Pero sobre esto no se pueden dar reglas fijas, y solo debe aconsejarse que este estudio se haga en el gran laboratorio de la naturaleza, pues allí con algo de sagacidad y de conocimientos químicos, se llegan á descifrar los mas complicados enigmas geognósticos. Todo lo cual significa que la Geología es ciencia fácil y bella en las montañas y en el terreno mismo, donde hay que ir para participar de sus verdaderas delicias y de las ventajas que proporciona su estudio.

ARTICULO III

CLASIFICACION DE ROCAS

Conocidos los minerales que con mas frecuencia se observan en las rocas, y los caractéres de que nos hemos de servir para darlas á conocer, estamos ya en el caso de abordar la *clasificacion de rocas*, que es el artificio de que nos valemos para agrupar las análogas y distinguir las diferentes, con el fin de llegar, en último resultado, al conocimiento de la composicion general del globo.

Dejando para obras de otra índole el discutir lo que deba entenderse por clasificacion natural ó método, y artificial ó sistema, y reconociendo, que la de rocas ofrece todas las condiciones de esta última, debemos manifestar que toda clasificacion exige el concurso de tres cosas, á saber: objetos que se clasifican; artificio que se admite para ordenarlos, y términos que expresen todas estas relaciones; ó en otros términos, especie ó unidad de medida, ordenacion ó agrupacion, y lenguaje.

Especie geológica.— La especie que ha de servir en Geología de unidad de medida para llegar á conocer el reino inorgánico, es la roca, de la que con oportunidad decia el célebre Haüy, que era lo inconmensurable del reino mineral. Con efecto, como la condicion que determina esta unidad es el presentarse en grandes masas, resulta que si se prescinde de las rocas simples, en las cuales la composicion química tiene la misma importancia que en Mineralogía, en las demás no existe una base fija para poderla caracterizar. Un ejemplo esclarecerá este asunto: el granito es una roca compuesta de cuarzo, feldespato y mica, nombre que se aplica indistintamente, cualquiera que sea la proporcion de sus tres elementos. No obstante, obligados á determinarla de cualquier modo que sea, diremos que por roca ó especie geológica se entiende, todo mineral simple ó compuesto, ó agrupacion de minerales que aunque en proporciones variables, se presenta en grandes masas, formando, por decirlo así, el esqueleto ó armazon del globo.

La composicion mineral es, en consecuencia, la base de la especie en Geología, determinando la variedad y sub-especies, los accidentes exteriores, y á veces hasta la proporcion de los mismos elementos constitutivos.

En cuanto al artificio de que nos valemos para la ordenacion de las rocas, partiendo de la especie, dentro de la cual caben sub-especies y variedades, consta de los mismos grupos que los admitidos en otras clasificaciones; esto es, de género, que es la reunion de las especies mas afines; familia, conjunto de géneros que guardan entre sí ciertas relaciones, órdenes, clases, etc., hasta llegar por el método sintético hasta el reino geológico. Lo único en que difieren estas sucesivas agrupaciones, desde la especie al reino en Geología, respecto á lo que se observa en Mineralogía por ejemplo, y con mas motivo en Zoología y Botánica, es la vaguedad suma que en todas se observa, como consecuencia natural de la poca fijeza que tiene la unidad de medida.

Por último, la tercera base de toda clasificacion, que se-

gun hemos dicho es la nomenclatura, corre parejas, en cuanto á lo vago, con las dos anteriores. En primer lugar, el significado de los distintos grupos admitidos en la clasificacion geológica, ofrece escasa precision y no poca dificultad al establecerlos; en cuanto á los nombres con que se designan las especies geognósticas, siendo difícil la adopcion de la nomenclatura binaria de Linneo, puede decirse que no hay regla fija; nombrándose las rocas unas veces por su estructura, como el granito; otras por su coloracion, como la serpentina; algunas por la localidad, como la sienita, y hasta por nombres de autores como la Dolomia, Saussurita, etc.

En vista de este caso, han querido algunos autores que se llamara á las rocas por su composicion, diciendo roca de cuarzo, feldespato y mica, en vez de granito ó de feldespato, y cuarzo en vez de pegmatita; pero la modificacion, propuesta entre otros por Mr. Prevost, ofrece no pocas dificultades, razon por la cual se abandonó la idea.

Afortunadamente encontramos una compensacion á esta falta de exactitud, en el reducido número de especies geognósticas que hay que conocer, pues si se prescinde de las que son meros objetos de curiosidad y de las variedades menos importantes, para formarse una idea exacta de la composicion del globo, basta conocer un ciento de rocas; lo cual, si se compara con los miles de vegetales y de animales que estudia el botánico y el zoólogo, forma un número tan exiguo, que aunque no se posean las bases de clasificacion y caracterizacion de las especies con el rigor que en los otros ramos, con poca práctica que se tenga, puede lograrse lo que se desea, al cultivar la Geología.

En virtud de todos estos antecedentes, adoptamos la clasificacion del cuadro adjunto, la cual, si no exenta de dificultades, por ser estas inherentes á lo vago de la materia, por lo menos ofrece la ventaja de ser muy geológica y útil en la práctica.

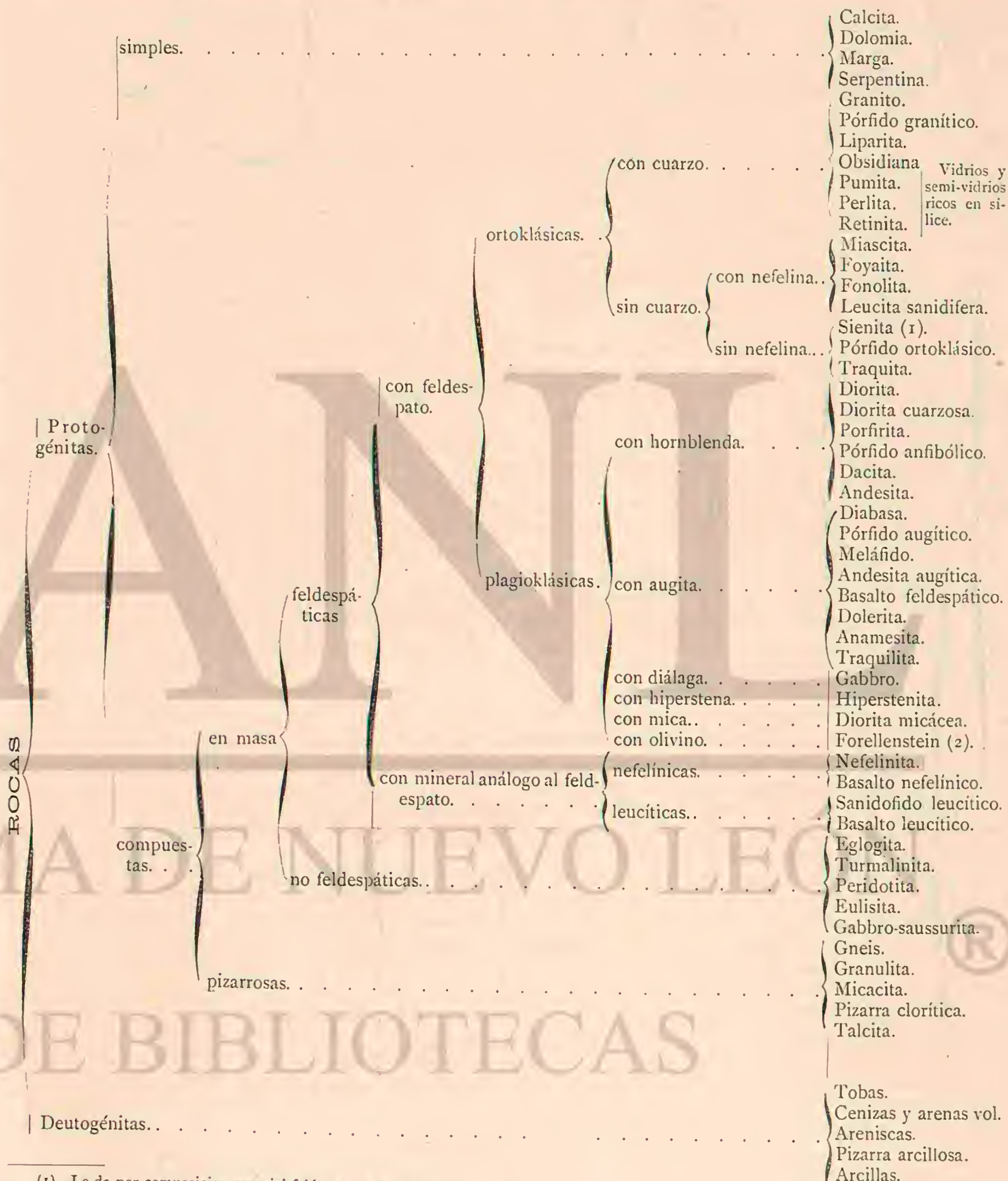
UANL
MA DE NUEVO LEÓN ®
L DE BIBLIOTECAS

CLASIFICACION GENEALÓGICA DE LAS ROCAS

REINO GEOLÓGICO	CLASES	ORDENES	GENEROS	ESPECIES	VARIEDADES
Representado por masas minerales cuyo origen es debido á.. . .	1.ª Causas hidro-termales. Rocas hidro-termales..	1.° Cristalinas ó graníticas. . .	1.° Granito tipo.	1. Granito comun.	Granito de grano fino, aporfidado, rojo, gris, etc.
			2.° Granito abortado.	1. Pegmatita.	Pegmatita comun, gráfica, etc.
				2. Petrosilex	Petrosilex comun, pizarroso, eurita, euritina, etc.
				3. Cuarzo eruptivo.	Cuarzo eruptivo comun, etc.
			3.° Granito degenerado. . . .	1. Sienita.	Sienita granitoidea, aporfiadada, etc.
				2. Protogina..	Protogina granitoidea, aporfidada, pizarrosa, etc.
		2.° Porfídicas..	1.° Feldespáticas..	1. Ortófido.	Pórfido rojo antiguo, cuarcífero, etc.
				2. Albitófido.	Id. negro, melafido, espilita, variolita, etc.
				3. Labradófido..	Id. verde, ofito, etc.
				4. Oligófido..	Id. azul, porfiroideo, cuarcífero, etc.
			2.° Magnésicas.	1. Serpentina.	Serpentina comun y noble, ofiolita, piedra ollar, etc.
				2. Eufótida.	Verde de Córcega, hiperita, gabbro, etc.
				3. Anfibólita..	Diorita y dioritina, Afanita, etc.
				4. Piroxénita.	Piroxeno en masa, Lherzolita, etc.
	2.ª Causas ígneas. . . . . Rocas ígneas.	1.° Modernas ó volcánicas. . .	1.° Traquíticas.	1. Traquita.	Traquita comun, porfiroidea, domita, obsidiana, piedra pómez, etc.
				2. Fonolita.	Fonolita, leucóstita, perlita, retinita, etc.
			2.° Basálticas.	1. Basalto..	Basalto en masa y prismático, dolerita, etc.
				2. Leucitófido.	Leucitófido comun y rojo, lava anfigénica, Hauynofido, etc.
			3.° Lávicas.	1. Lava..	Lava compacta, porfiroidea, lapilli, etc.
				2. Azufre.	Azufre compacto, estalactítico, terroso, etc.
	3.ª La accion del agua. Neptúnicas.	1.° Normales.	1.° De sedimento químico. . .	1. Caliza.	Toba caliza, piedra litográfica, mármoles, etc.
				2. Dolomia.	Dolomia, carniola, etc.
				3. Yeso y anhidrita..	Yeso comun, fibroso, alabastro yesoso, anhidrita, etc.
				4. Sal comun ó gema.. . . .	Sal comun, laminar, granosa, arcillosa, etc.
				5. Silex..	Pedernal, moleña, trípoli, jaspe, etc.
				6. Hierro oxidulado.	Hierro oxidulado granular, arenoso y compacto.
				7. Hierro peroxidado.. . . .	Hierro oligisto, especular, micáceo, compacto, etc.
				8. Hierro hidroxidado. . . .	Hematites parda, compacta, pisolítica, etc.
				9. Hierro carbonatado. . .	Hierro carbonatado, espático, orbicular, cuarcífero, etc.
				10 Manganeso peroxidado. . .	Manganeso peroxidado, amorfo, concrecionado, dendrítico, etc.
			2.° De sedimento mecánico. .	1. Arcillas.	Kaolin, arcilla esméctica, plástica, etc.
				2. Arenas y areniscas. . . .	Arenas y arenisca, cuarcífera, ferruginosa, etc.
		2.° Metamórficas.	1.° Cristalofílicas.	1. Gneis.	Gneis comun, aporfidado, etc.
				2. Pizarras cristalinas. . . .	Pizarras arcillosas, micáceas, talcosas, cloríticas, etc.
			2.° De origen químico. . . .	1. Caliza.	Mármol sacaroideo, de Carrara, de Paros, etc.
				2. Dolomia.	Dolomia comun, granosa, cristalina, carniola, etc.
				3. Yeso y anhidrita.	Yeso sacaroideo, anhidrita, etc.
			3.° De origen mecánico. . . .	1. Cuarcita.	Cuarcita comun, anagenita, etc.
				2. Jaspe.	Jaspe comun, pizarroso, cuarcífero, etc.
				3. Porcelanita.	Porcelanita compacta, pizarrosa, etc.
	4.ª La accion orgánica. . Orgánicas.	1.° De procedencia animal. . .	1.° Caliza de origen orgánico.	1. Caliza.	Caliza compacta de estructura orgánica, creta en parte.
			2.° Sílice de id. id.	2. Silex..	Pedernal y trípoli en parte.
		De id. vegetal, combustibles. .	1.° Resinas.	1. Ambar ó succino.	Ambar comun de diferentes colores, insectífero.
			2.° Betunes.	1. Asfalto.	Asfalto comun, arenoso, etc.
				2. Nafta.	Nafta.
				3. Petróleo.	Petróleo.
			3.° Carbones.	1. Turba.	Turba, dusodila.
				2. Lignito..	Lignito, azabache, madera fósil, etc.
				3. Hulla.	Hulla grasa, seca, etc.
				4. Antracita..	Antracita compacta, laminar, terrosa, etc.
				5. Grafito y Diamante. . . .	Grafito comun, compacto, hojoso, diamante.

Aunque el cuadro anterior es el que ha de servirnos de guia en la descripcion de las rocas, conviene, sin embargo, para que la obra aparezca á la altura de lo que hoy se sabe, que consulte el lector las dos clasificaciones adjuntas, fundadas única y exclusivamente en la composicion y estructura íntima de los elementos geognósticos terrestres, debidas á dos eminentes micrógrafos alemanes. Ambas á dos, basadas en el mas minucioso exámen micrográfico, son importantísimas para el estudio analítico de las rocas; pero adolecen, para nuestro objeto, del defecto capital de no enlazar con las relaciones geognósticas, apareciendo en un mismo grupo las rocas mas diferentes en edad y condiciones de yacimiento, asi como separadas se hallan muchas que bajo mas de un concepto las encontraremos reunidas en las formaciones y terrenos. Sin embargo de todo esto, seria ocioso insistir en la importancia de estas clasificaciones analíticas, fruto de la inspeccion micrográfica, que mas que otro medio alguno, puede ilustrarnos, no solo acerca de la composicion mineral íntima de las rocas, sino tambien respecto de las causas ó agentes varios que á su formacion han contribuido

(ZIRKEL-DIE MIKROSKOPISCHE BESCHAFFENHEIT DER MINERALIEN UND GESTEINENLEIPZIG 1873)



(1) Le da por composicion esencial feldespato y hornblenda.

(2) Esto es: *roca atruchada* (de que no hallo traduccion en Coquand, Cordier, Daubreé ni Meunier). Su composicion esencial: feldespato clínico ó anortita y olivino ó serpentina.

LASAULX.—ELEMENTE DER PETROGRAPHIE.—BONN 1875

- **ROCAS**
  - **Simples. (Homomicte)**
    - *No cristalinas* (amorfas) ó semi-cristalinas. Constituidas por una sustancia mineral amorfa simple ó mezclada con una pequeña parte cristalina de la misma.
      - Sílice. — Opalo, Pedernal
      - Carbonato de cal. — Creta
      - Fosfato de cal. — Fosforita
      - Minerales carbonosos. — Hulla, Lignito, Turba
    - *Cristalino-granudas*.. Agregados de individuos de una especie mineral.
      - Constantemente simples sin partes heterogéneas que establezcan el tránsito á las rocas compuestas.
        - Hielo
        - Halocdes. — Sal gema, Espato fluor, Criolita
        - Sulfato. — Yeso, Anhidrita
        - Carbonato. — Caliza, Dolomia, Marga, Hierro espático
        - Hematites
        - Hierro magnético
      - Con partes heterogéneas que indican el tránsito á las rocas compuestas.
        - Grafito
        - Cuarcita
        - Anfibolita.. — Roca de augita, Id. de escapolita, Esmeril
        - Pizarra clorítica
        - Serpentina
        - Pizarra talcosa
  - **Compuestas. (Polymicte)**
    - *No pizarrosas.*
      - *No cristalinas* (amorfas) —Vítreas ó resinosas. — Obsidiana, Pómez, Perlita, Retinita
      - *Semi-cristalinas*. — Pórfidos vítreos
      - *Cristalinas*..
        - Contienen masas vítreas, como residuo de magmas.
          - Basalto. — Plagioclásico, Nefetínico, Leucítico, Con Haüyna, Micáceo
          - Andesita augítica
          - Meláfido (Palatinita)
        - Formadas por masas micro-afaníticas mas ó menos distintas unas de otras.
          - Sin grandes cristales interpuestos.. — Felsita, Riolita
          - Con grandes cristales interpuestos..
            - Pórfido eurítico. — Cuarzoso, No cuarzoso
            - Sanidófido. — Cuarzoso, No cuarzoso
        - Constituidas por masas vítreas y micro-afaníticas entremezcladas que dan á la roca estructura pseudo-porfídica y á veces cristalino-granuda.
          - Andesita anfibólica. — Fonolita, Cuarzosa, No cuarzosa
          - Porfirita
            - diorítica. — Plagioclásica, Anfibólica, Micácea
            - diabásica. — Plagioclásica, Augítica
          - Pórfido granítico
        - Francamente cristalino-granudas.
          - Feldespáticas.
            - Diorita.. — Oligoclásica, Labradorífera, Cuarcífera
            - Diabasa. — No cuarzosa, Cuarzosa
            - Gabbro.. — Propiamente dicha, Hiperstenita
            - Rocas de amortita. — Corsita, Eukrita, Troktolita
            - Rocas de ortoclasa y eleolita. — Foyaita, Miascita, Ditroita, Sienita circónica, Id. eudialítica
            - Sienita. — Anfibólica, Augítica, Micácea
            - Granito
          - No feldespáticas
            - Greisen
            - Turmalinita
            - Eclogita
            - Granatita
            - Rocas de peridoto. — Dunita, Lherzalita, Picrita
    - *Pizarrosas*..
      - Feldespáticas. — Gneis, Granulita, Porfiroidea, Filita
      - No feldespáticas.. — Pizarra arcilloso-micácea, Id. micácea, Itacolumita

ALERE FLAMMAM VERITATIS
UNIVERSIDAD AUTÓNO
DIRECCIÓN GENERAL

ROCAS	DENTRÍTICAS. . . . (Klaschtomicte)	*Semi-elásticas.*—Constituidas en parte por materiales dentríticos y en parte por individuos cristalinos de primera formacion.			Pizarra arcillosa. — Aricllas. — Kaolin. — Tobas.
		Puramente elásticas. . . .	Coherentes mediante un cemento..	Cemento amorfo. .	Areniscas. — Conglomeradas.—Brechas.
				Cemento cristalino..	Reibungs breccien (1).
			Incoherentes; sin cemento. . . .	(Acueas).	Arenas. — Guijarros. — Cantos.
				Igneas..	Cenizas volcánicas.--Lapilli.—Cantos de pómez (2)

ARTICULO IV

DESCRIPCION DE ROCAS

PRIMERA CLASE.—HIDROTERMALES

CARACTÉRES.—Todas las rocas incluidas en esta clase ofrecen una estructura mas ó menos cristalina, á veces pétrea, compacta, y tambien algo celular; todas se presentan en grandes masas, sin verdadera estratificacion y carecen por lo comun de restos orgánicos fósiles.

DIVISION.—Segun se ve en el cuadro, esta clase se divide en dos órdenes, que son: 1.° de las rocas cristalinas; y 2.° porfídicas.

PRIMER ÓRDEN

Rocas antiguas, cristalinas ó graníticas

CARACTÉRES.—Los nombres con que hoy se conocen, y particularmente los de graníticas, cristalinas é hipogenas, que quiere decir, engendradas ó procedentes de abajo, representan casi todos sus caractéres, que se reducen á la estructura cristalina y granítica por excelencia; el presentarse en masas no estratificadas, en el verdero sentido de esta palabra, y el formar el eje de la mayor parte de las cordilleras principales, encontrándose tambien en las mas grandes profundidades. La materia organizada no está excluida, segun veremos, de estas rocas, pero hasta el presente no se han encontrado en su seno especies vegetales ó animales bien determinadas.

DIVISION.—Segun la naturaleza y proporcion de los diferentes minerales que entran en este órden, se divide en tres géneros, á saber: *Granito tipo, abortado y degenerado.*

PRIMER GENERO—GRANITICO

Granito tipo

SINONIMIA.—Piedra berroqueña en español, y granito en casi todos los idiomas.

DEFINICION.—El granito es una roca compuesta esencialmente de cuarzo, de feldespato ortosa y de mica, en proporciones diversas.

CARACTÉRES.—El nombre de esta roca revela uno de sus mas aparentes caractéres, á saber: la estructura, que por lo comun es granujienta, granosa ó granuda, segun el tamaño de sus elementos constitutivos. Es además compacta, de aspecto pétreo y semicristalina, sin ofrecer las oquedades que otras rocas presentan.

La dureza y resistencia á los agentes destructores se halla en razon directa del predominio del cuarzo, y en la inversa del feldespato y mica. Sus colores son varios, dependientes casi siempre del feldespato y la mica; la tinta mas comun es la gris, alterada á veces por manchas de mica negra ó de otras sustancias.

El modo de presentarse en grande es en masa, atravesada con frecuencia por grietas ó hendiduras, que suelen comunicarle el aspecto de una falsa estratificacion.

YACIMIENTO.—Esta roca forma, en sentir de algunos geólogos, la base fundamental del globo; siendo la primera que se consolidó con la intervencion del agua, segun mas adelante narramos. Pero además, y en periodos sucesivos, hasta la época terciaria inclusive, fué apareciendo al exterior, atravesando todos los terrenos intermedios, constituyendo los ejes de las principales cordilleras y los centros de levantamiento mas importantes é infiltrándose en el seno de otras rocas donde forma curiosas ramificaciones.

VARIEDADES.—Las principales que conviene conocer son: 1.ª la porfiroidea, así llamada por los cristales de ortosa, ó de otra sustancia, que contiene; 2.ª la granujienta, por otro nombre leptinita; 3.ª la pizarrosa, á la que algunos denominan gneis; 4.ª la anfibolífera, que establece el paso á la sienita; 5.ª la talcífera, pasando á la protogina; 6.ª la turmalinífera; 7.ª la granatífera, etc., así llamadas por llevar como elementos accidentales el anfíbol, talco, turmalina, granates, etc.

TRÁNSITOS.—Una de las cosas que mas ha dado que pensar á los geólogos de todas las escuelas, es el estudio de sus relaciones con otras rocas, puestas á cada paso de manifiesto en los tránsitos que ofrece no solo á rocas de orígen análogo al suyo, sino tambien á las metamórficas. Las mas frecuentes relaciones son con el gneis, las pecmatitas, sienitas, protoginas, pizarras cristalinas y con la traquita y obsidiana, segun tuve el gusto de ver en la isla llamada Basiluzzo, en el grupo de Lipari.

ORÍGEN DEL GRANITO.—Las rocas graníticas en general y mas especialmente el granito, ofrecen condiciones tales de composicion, estructura y ciertos accidentes, que nos obligan á decir algo acerca del proceso que ha empleado la naturaleza, y tambien de los agentes que en ello han intervenido, á fin de poder explicar algunas anomalías que dichas rocas presentan. Para ello será conveniente empezar por hacer una indicacion de las circunstancias especiales que en dichas rocas concurren, que son las siguientes: 1.ª La composicion, en la cual figuran sustancias de fusibilidad muy distinta, tales como el cuarzo, feldespato y mica en el granito; el cuarzo, feldespato y talco en la protogina, y el cuarzo, feldespato y anfíbol en la sienita. 2.ª La estructura ó la disposicion particular de estos elementos, que en vez de colocar en fajas ó zonas conforme á su diferente fusibilidad, se encuentran mezclados confusamente; y 3.ª algunos accidentes que suelen presentar estas rocas, relativos unos á la existencia de agua ocupando los poros de la misma, segun demostró por medio del microscopio el Dr. Sorby en 1860; otros referentes á la interposicion en su masa de materias orgánicas, como se observa en el famoso granito de Grangesberget, en Suecia, del que se puede ver un ejemplar en el Gabinete de Historia natural, traido por mí en 1869; y mas que todo, cuando se presentan cristales de cuarzo, feldespato, mica,

(1) Esto es: brecha para alisar ó afilar—ignoro su traduccion genuina, que no he hallado en Dana, Coquand, Meunier, Daubrée, ni Codornier.

(2) Esta es su traduccion literal, pero creo alude el autor á los escombros volcánicos.

anfibol ó turmalina, como sucede en el de la isla de Elba, del que los curiosos pueden examinar en las colecciones de mi cargo magníficos ejemplares, se observa con mucha frecuencia, el feldespato penetrando en el cuarzo é imprimiendo á éste su forma, sucediendo lo propio con las demás especies, que á pesar de ser mas fusibles que aquel, con frecuencia se ven hasta en su interior.

La particularidad de hallarse confusamente mezclados elementos de tan diferente resistencia á la accion del calor, así como la penetracion de las sustancias fusibles en otras mas refractarias, fueron ya indicadas por los escrupulosos observadores de la naturaleza, Breislak y Spallanzani, á últimos del siglo pasado; es decir, en la época que dominaban sin limitacion de ningun género, las ideas de la escuela Neptunista ó de Werner, la cual, sin preocuparse de estas anomalías, explicaba la formacion del granito y demás rocas conocidas á la sazon con el nombre de primitivas, suponiendo que representaban el primer depósito verificado en el seno de aquel flúido caótico que, segun ellos, habia servido para disolver toda la materia terrestre.

Cuando á esta teoría puramente ácuea ó neptúnica sucedió la ígnea ó plutónica, cuyo primer campeon fué el inglés Hutton, tampoco fijaron la atencion los partidarios de esta doctrina en dichas circunstancias notables, y mientras reinó en absoluto la idea del orígen ígneo de la Tierra, se creyó hasta tal punto que todas las rocas graníticas debian su orígen á la accion de elevadas temperaturas y á su enfriamiento posterior, que se las dió el nombre de ígneas, y todas las particularidades que ofrecian y hasta la influencia que ejercieron en las rocas y terrenos que atravesaban, se referian á dicha causa. Apareció entonces la idea científica del metamorfismo, exagerándola algunos hasta el punto de creer que el mismo granito era resultado de la profunda alteracion de una roca de sedimento, sin atender á la necesidad de otra anterior que la sirviera de asiento, para lo cual era preciso admitir el círculo eterno de metamorfósis que algunos establecen, para explicar la estructura del globo.

Despues de cuarenta ó cincuenta años de reinar en absoluto esta teoría, y de invadir todas las esferas de la ciencia, viene ahora esta poderosamente auxiliada de sus hermanas las físico-químicas, y de la mas delicada experimentacion, á explicar todo aquello que las escuelas, así neptúnica como plutónica, olvidaron ó no quisieron tener presente, dando intervencion al fuego y al agua, exclusivos fundamentos de aquellas doctrinas, y á la presion, electricidad, magnetismo, etc. Justifica esta manera de mirar las cosas, además de la consideracion que se desprende de lo anteriormente expuesto, el resultado de numerosas investigaciones practicadas por sabios de primer órden, que robustecen las fundadas sospechas de Breislak y otros, de no poder explicarse la formacion del granito por la sola influencia de elevadas temperaturas. Así, por ejemplo, el célebre químico berlinés H. Rose, dice que el cuarzo, cuyo punto de fusion se encuentra á los 2,500°, no ha podido hasta ahora obtenerse en los laboratorios por la vía seca, y sí tan solo por la intervencion del agua, hecho confirmado por Senarmont, Deville, Daubré y otros químicos y geólogos eminentes que han llegado hasta cristalizarle por la vía húmeda, haciendo intervenir una temperatura no muy alta, auxiliada de una fuerte presion. Disolviendo la sílice aislada en agua saturada de ácido carbónico ó clorhídrico, y calentando paulatinamente en vasijas cerradas la disolucion á 200 y 300°, se han conseguido pequeños cristales de cuarzo.

El mismo químico ya citado, Sr. H. Rose, hace observar que la mica que se encuentra en el granito, así la aluminosa como la ferro-magnésica, contiene un poco de agua y flúor en la proporcion de 0,003 á 0,080, al paso que en esta misma especie mineral, cuando se encuentra en las rocas volcánicas, cuyo orígen ígneo es incontestable, no existe agua ni flúor.

El feldespato del granito, que por regla general es el ortosa, así llamado porque de los tres cruceros que ofrece, dos forman ángulo recto, tambien contiene siempre cierta proporcion de agua que, en sentir del Sr. Delesse, no debe considerarse como higrométrica. Las especies de este grupo que se encuentran ó forman parte de las rocas verdaderamente eruptivas, tales como el basalto, la traquita, etc., son por lo comun diferentes, así por el sistema en que cristalizan como por la base que en ellas predomina, designándoseles en general con el nombre de feldespato anortósico. Ahora bien, de estos feldespatos ninguno ha podido obtenerse, á no ser por excepcion, por la vía seca, al menos cristalizados; mientras que haciendo intervenir el agua á una fuerte presion y temperaturas no muy elevadas sobre la arcilla ó la obsidiana, especie de vidrio natural, junto con un óxido alcalino, el Sr. Daubree ha producido un feldespato cristalino análogo al de la traquita. A propósito de esto mismo, el Sr. Delesse hace notar que aunque el feldespato puede formarse indistintamente por la vía seca y por la húmeda, todos los caractéres que en el granito ofrece este mineral, indican que mas bien ha sido resultado de la accion combinada del agua y del calor terrestre que de la exclusiva influencia del fuego.

Si á las circunstancias arriba mencionadas se agrega la presencia en algunos granitos de sustancias incompatibles con una elevada temperatura, se tendrá forzosamente que reconocer la necesidad de admitir la intervencion de otro agente, que no puede ser mas que el agua, auxiliada de una fuerte presion. Con efecto, el cuarzo del granito suele contener una materia bituminosa, que desaparece á una temperatura no muy alta. El de los filones ofrece en ciertos casos gotas de dos líquidos oleaginosos, de los cuales el uno es volátil á 27°. Ya indicamos tambien mas arriba la existencia del agua en los poros del granito observada con el microcopio por el Sr. Sorby, y, por último, el Sr. Schoerer dió el nombre de *pirognómicas* á ciertas sustancias que suelen encontrarse en el granito de Suecia y Noruega, las cuales pierden su aspecto y principales propiedades cuando se someten á una temperatura inferior al punto de fusion. Estas sustancias son silicatos de itria y cerio, ó sea la allalita, gadolinita y ortita, cuya propiedad principal es producir instantáneamente una luz muy viva con desprendimiento de calor á la temperatura de 700°, ó sea algo superior al rojo sombra. Estos minerales, habiéndose solidificado antes que el cuarzo, habrian sufrido una temperatura muy alta despues de consolidarse, en cuya combustion aparente habrian perdido sin duda dichas propiedades, dejando de ser pirognómicas; de donde es fácil deducir que la masa que las contiene no se ha encontrado despues de su consolidacion bajo la influencia de una temperatura mayor de 700°.

En vista, pues, de lo que antecede, no cabe duda que las rocas que forman, por decirlo así, los cimientos del globo no han podido formarse bajo la sola y exclusiva influencia de un calor excesivo, y que hay que hacer intervenir al agua para poder explicar las anomalías de composicion, estructura y accidentes que todas ellas ofrecen. Autoriza este modo de pensar el resultado de la experimentacion practicada con el fin de obtener por la vía húmeda no solo el cuarzo, el feldespato y la mica que forman la base esencial de su composicion, sino tambien otras muchas sustancias que accidentalmente se encuentran en su masa. En el artículo *Metamorfismo*, como complemento de la descripcion de las rocas

de este nombre, se darán mas detalles con el objeto de confirmar cuanto aquí se expone en pro de la teoría mixta que da intervencion al fuego y al agua para explicar el orígen del granito y de todos sus congéneres. Por esta razon se da hoy á estas, con justo motivo, el nombre de rocas hidrotermales.

LOCALIDADES.—Es tan comun el granito en todos los países, que me limitaré, atendida la índole de la obra, á hacer una indicacion somera de las regiones mas clásicas de nuestra Península, en la cual los Pirineos con todas sus ramificaciones, y particularmente los que se extienden por Galicia; la Sierra Carpetana con todas sus estribaciones en la provincia de Toledo, Cáceres, Madrid, Avila, Segovia y Guadalajara, y la Mariana ó Morena en la mayor parte de la extension que ocupa, puede decirse que se hallan constituidas por el granito, prescindiendo de otras muchas localidades aisladas y de menor importancia que es excusado nombrar.

APLICACIONES.—El granito, aunque no exento de inconvenientes, es buena piedra de construccion, y hasta para empedrado, como sucede en Madrid, en todos los pueblos de la inmediata sierra y en aquellos en que abunda esta piedra, si bien para ello es preciso buscarlo de grano fino, y muy rico en cuarzo, en cuyo elemento reside, por decirlo así, la resistencia que esta roca puede ofrecer á los agentes de destruccion.

Tambien suele emplearse en la estatuaria basta y como piedra de adorno, sobre todo ciertas variedades, como, por ejemplo, el de color de rosa llamado de baveno, pues admite buen pulimento y es de aspecto agradable.

La descomposicion del granito suministra arcilla por la parte feldespática que contiene, grava y arenas, y alguna sustancia soluble, lo cual comunica á las tierras vegetales un sello que ciertamente no se distingue por la gran fertilidad, en razon á la falta del elemento calizo. Son tierras buenas, si se quiere, para cereales y pinares, como se observa en los alrededores de Madrid, en la Sierra Carpetana y en las provincias limítrofes de Segovia, Avila, etc. La descomposicion de esta roca comunica á los montes formas sobremanera caprichosas.

SEGUNDO GÉNERO—GRANITO ABORTADO

DEFINICION.—Llamamos abortados á estos granitos, porque les falta alguno ó algunos de los elementos esenciales á la composicion de aquel, con el que las rocas de este segundo género conservan estrechas relaciones.

Pegmatita (Pe-tunc-shi, en chino)

SINONIMIA.—Granito escrito, en español granito gráfico, pegmatita comun y escrita.

DEFINICION.—La pegmatita es un granito compuesto casi exclusivamente de ortosa y alguna parte de cuarzo, de estructura por lo comun granosa y laminar, de colores generalmente claros, siendo el blanco gris y el sonrosado los mas frecuentes. El gran predominio del feldespato le comunica el carácter de poca resistencia á la accion de los agentes exteriores, los cuales la convierten pronto en un excelente kaolin ó tierra de porcelana.

YACIMIENTO Y VARIEDADES.—La pegmatita se presenta en grande en forma de tifones ó en masas considerables intercaladas, y ofrece dos variedades, curiosa la una, importante la otra. La primera es llamada *gráfica*, en la que los cristales de cuarzo se presentan enclavados en el feldespato y dispuestos de tal modo, que la seccion trasversal presenta el aspecto de inscripciones hebráicas ó de otros caractéres orientales, circunstancia á la que debe el nombre que lleva.

APLICACIONES.—Objeto curioso en las colecciones de estudio, la pegmatita gráfica se emplea tambien como piedra de adorno, tallándola en láminas y pulimentándola, á lo cual se presta con facilidad.

La otra pegmatita es la llamada petunzé, corrupcion de pe-tunc-shi, nombre de orígen chino, que se aplica á la roca compuesta casi exclusivamente de feldespato, con algunos granos de cuarzo diseminados en su masa; esto hace que sea la variedad mas susceptible de descomponerse y la que suministra el mejor y mas abundante kaolin. En el artículo *Arcillas* se dará á conocer esta tierra de porcelana y sus útiles aplicaciones, bastando indicar por ahora que esta variedad de pegmatita es la que de preferencia se destina á preparar el barniz para cubrir la porcelana.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—En Francia se encuentra la pegmatita en los Pirineos: en Saint-Irieix, cerca de Limoges, en los alrededores de Autun; en la isla de Elba, en Toscana, en los montes Urales y Estados-Unidos.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—En la Península es bastante comun, observándose en Galápagos, Valldemorillo, Sargadelos y tambien, segun el Sr. La Cortina, al Sur de Navalagamella, Avila, Piedrahita, en la Sierra del Torno y cerca de Plasencia, en donde es granular y excelente para kaolin. El Sr. Ezquerra dice haber encontrado la gráfica en Almendralejo (Extremadura); si bien puede ponerse en duda que sea esta variedad, á juzgar por la descripcion que de ella hace. La pegmatita abunda sobremanera en la provincia de Toledo, ofreciendo muchas variedades, entre otras la gráfica, distinguiéndose en especial la que sirvió para la construccion del famoso castillo de Montalban, levantado por don Pedro I, y donde murió la célebre Padilla.

Hialomicta

SINONIMIA.—Greissen, Werner.

Cuando en vez de desaparecer la mica lo hace el feldespato, resulta una roca á la que se ha llamado hialomicta, palabra derivada de *hialos*, cristalino, y *mictos*, mezclado.

DEFINICION.—Compuesta de cuarzo hialino y de pequeñas láminas de micas diseminadas, como elementos esenciales, contiene además como accidentales el feldespato, y y como accesorios el espato flúor, el estaño, etc.

CARACTÉRES.—La estructura de esta roca unas veces es compacta, otras pizarrosa, y de aquí las dos únicas variedades que se conocen. El color es generalmente blanco, á veces amarillento ó dorado, segun las tintas de la mica.

TRÁNSITOS.—Esta roca pasa fácilmente al granito por la adicion del feldespato, y por otra parte á las pizarras micáceas por el predominio de la mica y la desaparicion del cuarzo.

YACIMIENTO.—Preséntase por lo comun la hialomicta en masas subordinadas á los granitos y á las rocas cuarzosas en terrenos cristalinos ó en sus inmediaciones; razon por la cual algunos la colocan entre las rocas metamórficas, explicando su estructura y composicion actual, como resultado de la penetracion en rocas micáceas preexistentes de la sílice naciente, arrastrada tal vez por aguas geiserianas.

Petrosilex

SINONIMIA.—Petrosilex comun, pizarroso, etc. Eurita, euritina, ortofido petrosilíceo, etc.

DEFINICION.—El petrosilex es una roca adelógena, compuesta, al parecer, de feldespato compacto, mezclado á

veces con otras sustancias accesorias, entre las cuales figuran en primera línea la mica, el cuarzo, la turmalina y el anfíbol. Su estructura es compacta y granujienta, con frecuencia pizarrosa; de colores variables entre el gris, verdoso, negruzco y á veces rojizo; al soplete es fusible dando un esmalte blanco.

La variada composicion de esta roca y la analogía de sus elementos componentes con los constitutivos del granito, ha hecho que algunos, y entre ellos Durocher, la consideren como un granito en el que aquellos, no habiendo podido desarrollarse convenientemente, han permanecido en estado de magma. Atendida por otra parte su naturaleza feldespática, algunos la creen un ortófido abortado, como lo hace Coquand en su excelente tratado de Rocas. Algunas veces se destacan de su masa cristales de feldespato, de cuarzo, anfíbol ó de otras sustancias y constituye verdaderos pórfidos; cuando su estructura es compacta ó granujienta, forma las euritas, que se presentan á veces pizarrosas. De cualquier modo que se considere esta roca, siempre se distinguirá por su extremada dureza, pues no se deja rayar por la navaja; por sus colores, y por el aspecto astilloso muy característico.

YACIMIENTO.—El petrosilex con sus variadas modificaciones se presenta en tifones ó diques, en bolsadas y filones, y tambien afectando cierta especie de estratificacion, relacionado mas ó menos íntimamente con los granitos y pórfidos, en los terrenos antiguos.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—Esta roca se encuentra en Pont de Guran y Aragnouet (Pirineos): en la Bresse (Vosgos): entre Nantes y Angers, en las orillas del Loira: en Confolens (Charente), en Froccio, Portoferrajo y Monte Albero (isla de Elba); en Sables de Olonne (Córcega) y en otros puntos.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — El petrosilex como base de la eurita se halla bien caracterizado, segun La Cortina, en Casas de Nava del Rey; en el valle de Ambles y laderas del rio Adaja (Avila); en Navahermosa (Toledo). El Sr. Schulz, en su Memoria geognóstica de Galicia, cita la eurita en Fazouro, en la costa de Rivadeo, cerca de Lugo, y en otros puntos.

APLICACIONES.—Las aplicaciones de esta roca son muy reducidas en atencion á la dificultad que ofrece su labra. Solo cuando afecta la estructura aporfidada se destina á objetos de lujo y ornato, que siempre son muy costosos por la razon indicada. A veces suele destinarse alguna de sus variedades como piedra de construccion, para lo cual ofrece la ventaja de resistir mucho á los agentes exteriores en atencion á la estructura compacta y al estado de magma en que suelen presentarse sus elementos. En las colecciones es objeto de mucho estudio, y aun lo es mas en su propio criadero, por los tránsitos curiosos que ofrece, ora á los granitos y tambien á los pórfidos y rocas euríticas en general.

Cuarzo eruptivo

DEFINICION.—El cuarzo eruptivo, que conviene distinguir de la cuarcita, pues su procedencia es diversa, si bien al exterior se confunden por la analogía de sus caractéres, es una roca compuesta de cuarzo, de estructura cristalina ó compacta y de aspecto incoloro ó lechoso. Esta roca ofrece algunas variedades por la estructura, que suele ser amorfa, bacilar y brechiforme; y por las sustancias que accidentalmente lleva, como turmalina, mica y varios metales.

YACIMIENTO.— El cuarzo eruptivo forma parte del terreno granítico: se presenta en tifones y diques en el granito mismo, y en los gneis, pizarras micáceas y otras metamórficas, acompañando generalmente y aun sirviendo de ganga, á muchos metales, como el oro, el antimonio, etc. La cuarcita debe considerarse mas bien como una arenisca metamórfica.

Esta roca es muy comun así en la Península como en el extranjero; lo reducido de sus aplicaciones, por efecto de su extremada dureza, me dispensa de citarlas.

Conocidos el granito tipo y los abortados, estamos ya en el caso de estudiar aquellos que por efecto de la sustitucion de algunos de sus elementos, constituyen el

TERCER GÉNERO—GRANITOS DEGENERADOS

Sienita

SINONIMIA.— Granito anfibólico y sienita en español; granitino, granitelo, etc., de varios autores.

DEFINICION.—La sienita, cuyo nombre recuerda las inmediaciones de Siena en Egipto, es una roca compuesta de cuarzo, feldespato ortosa y anfíbol negro, á cuyas especies suelen agregarse como accidentales la mica, la dialaga, la hiperstena y el circon; el titano y otros como materias accesorias.

CARACTÉRES.— La estructura de esta roca recuerda la del granito; la coloracion es variable, dependiente en parte del feldespato, que suele ser rojizo en la de Egipto, tambien gris, segun se observa en la de los Alpes y de otros muchos puntos. Del fondo de la masa sonrosada feldespática, se destaca el color negro, á veces algo verdoso, del anfíbol, formando un agradable contraste.

VARIEDADES.— Esta roca ofrece muchas variedades que se refieren á la tinta dominante, á la estructura, que suele ser granitoidea, aporfidada, con cristales de ortosa, pizarrosa ó laminar á la manera del gneis, y tambien á las sustancias que se presentan en su masa, llamándose en este concepto, micácea, circónica, etc.

TRÁNSITOS.—Relacionada esta roca con las graníticas en general, suele pasar fácilmente por la disminucion y hasta desaparicion completa del anfíbol, á la pegmatita y al granito; otras veces enlaza insensiblemente con las pizarras anfibólicas, las dioritas, y hasta con las rocas formadas exclusivamente de anfíbol.

YACIMIENTO.—Atendidos los tránsitos que acabamos de indicar, se comprende que esta roca debe ofrecer las mismas condiciones de yacimiento que los granitos en general, si bien su aparicion no va mas allá de la época triásica, en el Tirol meridional; mientras que en Noruega, segun Debuch, pertenece al terreno silúrico.

LOCALIDADES.—La sienita, conocida de tiempos antiguos, procede de Siena, en el alto Egipto. En Europa se encuentra en Córcega, en muchos puntos de los Alpes, en los Vosgos, en Suecia y Noruega, etc.

En España tambien se encuentra en varias localidades; segun el ilustre Thalaker, existe en Huercal (Granada) y á dos leguas de Almaden. El Sr. Ezquerra la encontró en los pueblos de Zufre, Santa Olalla y Real de la Jara (provincia de Sevilla, lindando con la de Huelva), y supone ser la causa del levantamiento de la Sierra de Aroches. Segun Rojas Clemente, se encuentra desde Cobdar á Fahal y cerca de la Alcudia (Granada), entre Turquena y Arboledas; en el primer punto formando un escarpe alto mas de cien varas; en los alrededores de Monjúcar se halla descompuesta dando una tierra vegetal negra excelente. El Sr. Schulz dice encontrarse el sienito, como él lo llama, aporfidado en Puente de San Fiz, cerca de Orense; el granatífero en Bodoin en la Capelada, y otra variedad en Pezobres (Galicia); segun el mismo se ve en Astúrias, en Salime y Pola de Allande. El

señor Luxán dice que se puede observar en el castillo de Guardias (Extremadura), dirigiéndose hácia el criadero de Riotinto asociada de las dioritas; Coquand cita la variedad pizarrosa en Ceuta; por último, en las observaciones geognósticas que sobre la isla de Cuba publicó en 1854 el señor Cia, dice que el pueblo de Holguin se halla situado sobre sienita.

APLICACIONES.—Esta es una de las piedras de que se sirvieron los antiguos egipcios y otros pueblos para la construccion de los obeliscos, monolitos (1), esfinges, baños, sepulcros, etc. El pedestal que sostiene la estátua de Pedro el Grande, en San Petersburgo, es un canto errático de sienita, de peso de 800,000 kilógramos, hallado á nueve leguas de dicha capital. Las cuatro columnas que sostienen la cúpula de la suntuosa basílica de San Pablo en Roma, son de sienita procedente de los Alpes. En todos aquellos puntos en que se encuentra esta roca se emplea en la construccion comun y monumental.

Protogina

SINONIMIA.—Protogina, granito talcoso, pizarra feldespática talcosa, etc.

ETIMOLOGÍA.—El eminente ginebrino Saussurre llamó á esta roca protogina, por creer equivocadamente que era una de las primeras rocas formadas, que esto quiere decir *protos*, primero, y *genos*, engendrado, partiendo del supuesto falso de que el Montblanc, por ser el monte mas alto de Europa, era el mas antiguo; empero desde que se sabe que es, por el contrario, el mas moderno, debió variarse el nombre á esta roca tan abundante en los Alpes, á fin de no inducir en error, pero como ha entrado ya en el uso comun, es difícil sustituirle por otro.

DEFINICION.—La protogina es una roca granítica en la que la mica ha sido reemplazada por el talco, y á veces hasta por la serpentina, asociada al feldespato ortosa y al cuarzo, á cuyos elementos esenciales hay que agregar, como accidentales ó accesorios, los granates, la mica, el rutilo, la sienita y algunas otras.

CARACTÉRES.—Si se exceptúa la coloracion algo verdosa y el tacto untuoso y suave que le comunica el talco, los demás caractéres son iguales á los del granito. Sin embargo, la tendencia que revela esta roca á tomar la estructura pizarrosa y algo estratificada en grande, no solo la distingue del granito, sino que ha dado márgen á que algunos geólogos, y entre otros Mr. Fabre, de Ginebra, la quieran considerar como roca de sedimento alterada.

VARIEDADES.—Las principales variedades de la protogina son la granitoidea, aporfidada, pizarrosa, micácea, granatífera, etc., fundadas en su diferente estructura, ó en las sustancias que accidentalmente ofrece su composicion.

TRANSITOS.—Esta roca pasa por una parte al granito tipo, y por otra á las pizarras talcosas, y á las rocas de talco y serpentina, como he tenido ocasion de ver en muchos puntos de los Alpes.

LOCALIDADES.—Montblanc y sus diversas estribaciones en los Alpes, varios puntos en los Pirineos, el Thastorf en Alemania, y la isla de Córcega, puede decirse son las regiones clásicas en el extranjero. En cuanto á la Península, se encuentra en la Coruña y Ferrol, segun Cortina, en Avila, Toledo y en varios otros puntos de las ramificaciones de la sierra Carpetana.

APLICACIONES.—Las aplicaciones de esta roca vienen á ser las mismas que las indicadas al tratar del granito.

(1) Para formarse una idea de lo colosal de estos obeliscos bastará citar el de la plaza de San Juan de Letran, que tiene 148 piés de altura, 15,383 piés cúbicos de materia y peso de 1.322,938 libras.

SEGUNDO ÓRDEN

Rocas porfídicas ó medias

Las rocas de este órden se llaman medias por su posicion geognóstica entre el terreno plutónico y el volcánico, y tambien porfídicas por la estructura que generalmente suelen ofrecer. Aunque relacionadas con las antiguas y mas modernas, se distinguen, no obstante, por su estructura compacta y pétrea, mejor que cristalina, vítrea ó escoriácea, por el predominio que en ellas adquieren los silicatos básicos, y en particular los de magnesia; por su yacimiento, y por muchas otras circunstancias que indicaremos al describir cada una de sus especies.

Este órden se divide en dos géneros, llamados el primero porfídico-feldespático, y el segundo porfídico-magnésico.

PRIMER GENERO—PORFIDOS FELDESPATICOS

ETIMOLOGÍA.—La palabra pórfido se deriva de *porphyra*, que en griego significa rojo ó purpúreo, y se aplicó en un principio á una piedra de este color, cuya superficie se halla llena de manchitas blancas, y era el llamado pórfido rojo antiguo; despues, por un abuso de lenguaje, se aplicó este nombre á rocas de matices muy diversos, si bien la estructura siempre es la misma.

DEFINICION.—El pórfido representa un grupo de rocas de las llamadas mixtas, por cuanto del fondo de una pasta uniforme, de naturaleza mas ó menos compleja, se destacan cristales de la misma ó de distinta naturaleza que la masa de la roca.

CARACTÉRES.—Son rocas muy duras y tenaces, de estructura compacta, á veces celular y porosa, bastante resistentes á la accion del tiempo, difíciles en extremo de labrar, pero admiten un hermoso pulimento, por cuya razon y la belleza de sus tintas son muy apreciadas en el comercio.

RIQUEZA MINERAL DE LOS PÓRFIDOS.—La riqueza en metales y piedras finas que ofrecen los pórfidos es otro de sus caractéres distintivos. En confirmacion de lo cual podemos decir que la mayor parte de los criaderos de oro en América del Sur, los de cobre de Chessy, cerca de Lyon (Francia), muchos de los de hierro, plomo, etc., se encuentran en estas rocas.

YACIMIENTO.—Generalmente se presentan en grandes masas y tambien en bolsadas, filones ó diques atravesando al granito y á otras rocas cristalinas y de sedimento. Muchos son, á no dudarlo, anteriores en su aparicion á la piedra berroqueña; siendo comunes en los terrenos silúrico, devónico y carbonífero; todos llevan en su estructura y composicion señales evidentes de la compleja accion á que deben su orígen.

Por lo comun, la forma mas ó menos cónica es la característica de las montañas porfídicas; sea que la roca esté intacta ó en descomposicion. Los valles de las montañas porfídicas suelen empezar por un circo.

DESCOMPOSICION.—La descomposicion, bastante comun en los pórfidos, da por resultado una tierra vegetal, que no es por cierto muy fértil, y poco á propósito para los cereales; sin embargo, en las regiones altas los bosques crecen con lozanía; y en razon á la mucha arcilla que dan en su desgaste, las partes bajas de los valles son muy buenas para praderas. Los abonos calizos mejoran considerablemente las calidades de esta tierra vegetal, haciéndola bastante feraz.

Adoptando en esta materia las ideas del ilustre geólogo mi amigo Sr. Coquand, dividimos los pórfidos en cuatro especies, cuyos nombres unívocos revelan, á primera vista, el elemento que en su composicion predomina.

Ortofido

SINONIMIA.—Petrosilex y eurita de algunos autores; pórfido rojo antiguo, arcillófido, piromérido, minera, thonporphyre, pechstein, arcillolito, fraidonita, kersanton, pórfido resinita, resinita, etc.

DEFINICION.—Roca compuesta esencialmente de una pasta compacta de ortosa (petrosilex), con cristales engastados, generalmente tambien del mismo feldespato.

VARIEDADES.—Este pórfido ofrece una porcion de variedades fundadas en la estructura y en las sustancias accesorias que suelen presentarse en su masa. Se dice granitoideo al que contiene cristales diseminados de ortosa, mica y cuarzo, estableciendo el tránsito á muchos granitos; emigdaloideo al que encierra nódulos de carbonato de cal; globular, llamado por otro nombre piromérido, cuando el feldespato, en vez de estar cristalizado, se presenta en glóbulos esferoidales, por lo comun radiados; brechiforme, cuando se hallan engastados en su pasta fragmentos angulosos de otras rocas; retinita, cuando su masa es de aspecto vitreo análogo al de la resina ó vidrio; tambien suele presentar cristales de feldespato; cuarcífero, cuando lleva cristales de cuarzo; oligoclasífero, al que pertenecen gran parte de los pórfidos rojos antiguos, el que contiene cristales de ortosa y oligoclasa; micáceo, llamado minetta y fraidonita; anfibolífero ó kersanton, etc., cuando contienen mica ó anfíbol; arcillófido, resultado casi siempre de la descomposicion del pórfido tipo.

YACIMIENTO.—Los ortófidos son, por lo comun, posteriores á los granitos antiguos, con los cuales se hallan íntimamente enlazados por la analogía de su composicion respectiva, estableciendo el tránsito los de estructura granitoidea. Aunque su mayor desarrollo se nota en los terrenos silúrico, devónico, carbonífero y triásico, sin embargo, remontan en la série geognóstica hasta los terciarios medios, como se observa en Toscana y en la isla de Elba.

HISTORIA.—Prescindiendo de las demás variedades y fijándonos en la que constituye el pórfido rojo antiguo, por ser el que en todas épocas ha llamado la atencion, podemos decir que no solo es el mas antiguo en el órden cronológico, sino tambien el primero que se destinó á objetos y construcciones monumentales, siendo una de las piedras con las que nos ha legado la antigüedad sus sorprendentes grandezas. Sin embargo, parece bastante probable que los egipcios no la conocieron, pues entre sus infinitos monumentos no se ha encontrado hasta ahora ninguno elaborado con este pórfido. Los primeros que lo emplearon fueron los romanos; habiéndose generalizado su uso en el reinado del emperador Claudio, y conservádose el gusto por él en Italia hasta el siglo XVI en tiempo de los Médicis.

Los monumentos mas famosos que hoy dia se conocen de este pórfido son: en la rotonda del museo de escultura del Vaticano, la fuente ó baño que tiene mas de veinte piés de diámetro; los sepulcros de Santa Elena y Constancia; la urna cineraria de Agripa, que hoy contiene los restos de Leon XII en San Juan de Letran, y una porcion de columnas de una sola pieza, estátuas ó bustos existentes en Roma; la fuente bautismal de Metz, y por último, los baños, estátuas y demás objetos curiosos que forman el mas bello adorno de la mayor parte de los museos de Europa, entre los cuales debe citarse la preciosa coleccion de bustos de emperadores romanos, que hacen resaltar la grandeza del suntuoso salon del trono en el palacio de Madrid.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—Antes del año 1823 solo se sabia por indicaciones vagas de Plinio y otros autores, que esta piedra, bajo tantos conceptos preciosa, la extraian los romanos del Alto Egipto. Pero en el indicado año dos intrépidos ingleses, los Sres. Burson y Wilkinson, recorriendo con un objeto científico y tal vez industrial aquel país tan interesante, encontraron las excavaciones hechas por los antiguos en el grupo de montañas llamadas *Porphirites mons* por el geógrafo Strabon, conocidas con el nombre de Djebel-Dokhan, que quiere decir montañas del humo del tabaco, cerca de la antigua Licópolis, á 25 millas del mar Rojo y á 120 de Lyont.

Aunque hasta hoy puede asegurarse no haber encontrado fuera de Egipto el verdadero pórfido rojo antiguo, no sucede así con las otras variedades del ortófido y aun del rojo, si bien no tan precioso, pues se cita en muchos puntos de los Alpes de la Saboya y Suiza; en los Vosgos, en Gresson, Rochesson y otros; en la isla de Elba, en la Pila y Rada de Enfola; en Planitz y Meissen (Sajonia); en Chelsea, cerca de Boston; en Elfdalen, en Suecia y en mil otros puntos.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—En la Península esta roca no es comun; sin embargo, el Sr. Maestre asegura haberla encontrado en Riotinto, no léjos del Berrocal; el mismo geólogo dice existir en varios puntos de Cataluña, y principalmente en las inmediaciones de Camprodon, en el Mas de Camps y en Cabellera, un pórfido rosáceo parecido al rojo antiguo.

Tambien se encuentra uno análogo entre la rambla de Muley y el rio Almanzora, segun Rojas Clemente, notable por sus grandes cristales de feldespato. El Sr. La Cortina dice que este pórfido, con otros, se encuentra en Orihuela del Tremedal, formando las crestas de Peñas-agudas; tambien lo indica el mismo en Belmez, Espiel y Zalamea, así como el Sr. Schulz dice existir en Fuente Santa, Irrondo y otros puntos de Astúrias.

Antes de pasar á describir la segunda especie del grupo, séame permitido decir dos palabras acerca de una variedad curiosa é importante del ortófido, ó sea del arcilloso ó arcillófido. Este pórfido casi siempre es el resultado de la alteracion de la especie tipo, y tambien de su variedad petrosilícea ó eurítica, en cuyo último caso recibe el nombre de arcillolita. Algunas veces, sin embargo, puede considerarse como verdadera roca metamórfica, á cuya seccion debíamos referirla, por cuanto, habiendo sufrido despues de la descomposicion la influencia de otros agentes hidro-termales, adquirió cierta consistencia, aunque nunca tanta como el verdadero ortófido tipo.

Excusado es decir que el yacimiento y relaciones de estas variedades son las mismas que las de aquel; y en cuanto á localidades, se encuentra en Limoges, en Esterel, en Chemnitz y en Campigliese (Toscana): en España existe en el distrito de Almazarron, donde es roca metamórfica enlazada con las porcelanitas; el Sr. Schulz lo cita en Asturias, en Cangas de Tineo, en el puerto de Leitariegos y en Trones, perteneciente al terreno silúrico.

Albitófido

SINONIMIA.—Mansdeltein, trapp de los autores, amigdaloidea, wacka, toadstone, espilita, variolita, piromérida, eisenstein, meláfidos ó pórfidos negros en parte.

DEFINICION.—Roca compuesta esencialmente de feldespato albita con cristales del mismo engastados en la masa, con nódulos calizos y geodas de cuarzo ó calcedonia por elementos accesorios.

VARIEDADES.—Este pórfido presenta algunas variedades, hijas, como en los anteriores, de la diferente estructura y de las sustancias que accidentalmente se encuentran en su masa. Las hay amigdaloideas y vacuolares cuando ofrecen nódulos ó geodas calizas mas ó menos regulares;

globulares (1), llamadas variolita y piromérida, cuando los glóbulos esferoidales que presenta son de albita; terrosas, conocidas tambien con el nombre de wacka, resultado de la descomposicion de las demás variedades de esta roca; brechiformes, cuando se encuentran engastados en su pasta fragmentos angulosos de albitófido y de otras rocas; calcedónica, cuarcífera, caliza ó espilita, y otras.

Al trazar la historia de la especie siguiente veremos repetidas entre sus variedades de estructura las mismas que acabamos de indicar bajo las denominaciones de variolita y pirométida, trapp, wacka, espilita y otras; de donde se deduce la poca exactitud de semejantes expresiones unívocas con relacion á la composicion de las rocas á que se refieren; razon por la cual deben desterrarse del lenguaje científico, y sustituirse con los nombres que revelan la composicion de estas rocas.

Como quiera que el yacimiento y relaciones geognósticas de este pórfido vienen á ser casi iguales á las de la especie inmediata, dejamos su indicacion para mas adelante.

Labradófido

SINONIMIA. — Ofita ú ofito, pórfido verde antiguo, pórfido augítico, prasófido, Mandelstein, trapp, amigdaloidea, espilita, meláfido, greenstone, toadstone, eisenstein, wacka.

DEFINICION.—Roca compuesta especialmente de feldespato labrador con cristales del mismo engastados en su masa; con piroxeno y nódulos calizos, cuarzosos, calcedónicos y de otras sustancias como elementos accidentales ó accesorios.

VARIEDADES. — Porfiroidea, cuando de una pasta verde ó negruzca se destacan numerosos cristales de labrador; pórfido-amigdaloidea, cuando ofrece pequeñas cavidades llenas de carbonato de cal; granosa, llamada tambien trapp y greenstone, ó piedra verde, compuesta de una masa de cristales sumamente pequeños que le comunican un aspecto homogéneo y uniforme; amigdaloidea ó espilita, formada de una masa cristalina granosa ó compacta llena de celdillas, vacías unas veces y mas comunmente llenas de carbonato de cal, de zeolitas, cuarzo ó calcedonia; globular, parecida á las piroméridas y variolitas ó á las variedades del mismo aspecto en los albitófidos; terrosa, llamada tambien wacka; brechiforme, etc.; cuarcífera, cuando los nódulos se hallan constituidos por el cuarzo; piroxénica, verdadero pórfido verde antiguo, anfibolífera, etc.

YACIMIENTO. — Los labradófidos ó pórfidos verdes y negros han aparecido en forma de filones, de tifones y diques atravesando otros terrenos, y tambien en corriente, extendiéndose é intercalándose entre las capas de sedimento; circunstancia que hizo creer equivocadamente á la escuela de Werner que eran un producto neptúnico. Estos pórfidos, como los anteriores, recorren en su aparicion toda la escala geognóstica, desde el período carbonífero y de la arenisca de los Vosgos, como se ve en esa cordillera, hasta el terciario medio inclusive, como se puede observar en la region metalífera toscana en Riparbella, Roca Tederighi, Monte Castelli, etc.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—El pórfido verde antiguo procede de Helos en la Laconia, entre Kené y Kaseir y en los montes El Guettar y Doukana, en Egipto: las otras variedades se encuentran en las localidades indicadas de la Toscana y en muchas de los Vosgos: el departamento del Var es la region clásica para los albitófidos y labradófidos: Oberstein, Idar, en el valle del Nahe, en Baviera y toda la cuenca carbonífera del Sarre: tambien se encuentra en el valle de Cuitan, cerca de Tetuan; en Ontonagon y punta de Kewenaw (Estados Unidos) las variedades anfibolíferas: en los condados de Carnarvhon y Meriont, en Inglaterra: en Ekatherinemburgo, en Rusia, y en otros puntos. En 1850 recorriendo la Suiza en compañía de mi amigo el profesor Studer, de Berna, tuve la satisfaccion de encontrar en un canto errático de gran tamaño, una variedad parecida al verde antiguo cerca de Montblanc, siendo la primera vez que semejante roca se veia en los Alpes.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS — La Península puede considerarse como el país clásico de estos pórfidos, no solo por su abundancia, sino que muy principalmente por las relaciones geognósticas con la mayor parte de los criaderos metalíferos que forman la riqueza de esta parte privilegiada de Europa. Prescindiendo de los muchos puntos aislados, y circunscribiéndonos á las regiones á que esta roca imprime un sello particular, citaremos las de Extremadura baja, Sierra Almagrera y Cartagena, Cataluña y Alpedroches (Guadalajara), etc.

La primera abraza una gran extension de terreno, internándose en las provincias de Sevilla, Huelva y Ciudad-Real. Bastaria citar los criaderos de cinabrio de Almaden, y el de cobre de Riotinto, enlazados, y resultado, tal vez, de la aparicion de estos pórfidos, verdes en unos puntos, negros ó meláfidos en otros, para apreciar su importancia. En el primer distrito se encuentran en Chillon, en donde son de color negro, y en Puerto del Cuervo, Almadenejos, Guadalperal, Ballestera, Herrera del Duque, Cabeza del Buey y en otros puntos. En el segundo son tan abundantes, segun el señor Luxán, que debe llamarse el distrito de los pórfidos por excelencia: se hallan desde Aracena y Riotinto hasta Portugal; en Almonaster la Real, en Zalamea, en Cabañas, en las cercanías de Riotinto, en Oligade, Odiel, Escalada, etc. En este distrito, no solo el cobre de Riotinto, sino los criaderos metalíferos de la Peña del Hierro, San Miguel, el Castillo, la Concepcion, la Poderosa, la Gaditana y otros muchos deben su orígen á la aparicion de los pórfidos verdes y negros ó anfibólicos. Las famosas minas de Guadalcanal son dependientes de pórfidos verdes y rocas de serpentina; notándose un hecho singular y muy curioso, que se repite en otros puntos donde hay pórfidos; y es, que allí ofrece plata la galena, mientras que, por el contrario, falta casi siempre donde han obrado las serpentinas.

En la region de Sierra Almagrera se encuentran igualmente los pórfidos verdes y negros (meláfidos), enlazados mas ó menos con los tan famosos criaderos de galena argentífera. Segun Rojas Clemente, existen desde Lubrin á Cuevas, en la Sierra de Montroy, en direccion de Almagrera; Pellico, en la descripcion que publicó de la provincia de Murcia, dice haberlos hallado en el cerro de Alifraga, al Oeste de Sierra Almagrera; en la Hoya del Bramador, al extremo oriental de esta sierra, en donde forma un dique estrecho de 200 varas de longitud; y tambien en la Cruceta y en la sierra de Pulpi. Segun ese geólogo, tambien se hallan estos pórfidos anfibólicos en la Sierra de Cartagena, en la Cuesta de las Fajas, en el Cerro de la Crisoleja y en Cabezo-Rajado: sin salir de este distrito, menciona el mismo la existencia de pórfidos entre Bayares y Bayarque, y en la sierra de Filabres, cerca de las minas de azufre de Hellin. En Cataluña, segun el Sr. Mestre, se encuentran los pórfidos en dos ó tres regiones, en donde desempeñan un papel muy principal. Uno de estos puntos es el de la cuenca carbonífera de San Juan de las Abadesas, en cuyos estratos determinó

(1) La forma globular de esta y otras rocas la atribuye Delesse á un exceso de sílice.

la aparicion de dichas rocas las inflexiones y repliegues que ofrecen. La erupcion porfídica mas notable de esa cuenca es la de la Torre de los Moros de Cabellera: la otra es Farena (Tarragona), en donde los pórfidos feldespáticos han convertido en Dolomia las calizas terciarias; y el Mas de Fons en la misma provincia.

Por último, los pórfidos de Alpedroches, en la provincia de Guadalajara, de los que hace depender el Sr. Ezquerra los famosos y riquísimos criaderos de Hiende-la-Encina, forman tambien otro distrito.

Además de estas regiones, que son las mas notables, existen una porcion de criaderos aislados de estos pórfidos, como por ejemplo, el de Sierra Bermeja (Málaga), en donde están enlazados con varios criaderos metalíferos: el de la Sierra de Gador (Almería) se relaciona con las galenas, allí tan abundantes: al E. de Santiago (Galicia), hasta la Sierra de Deza; desde San Saturnino hasta Cabo Ortegal, junto á la Coruña, etc., segun el Sr. Schulz.

APLICACIONES.—Todas las variedades de este precioso pórfido, y en especial el llamado verde antiguo, se emplean como piedras de adorno en mosáicos, bustos, estatuas, baños, etc., por lo agradable de sus tintas y el buen pulimento que admiten. Aunque son muchos mas los objetos de lujo elaborados con el pórfido rojo que con el verde, sin embargo, no son pocos los que todavía se conservan en los museos, sobre todo de Roma y Florencia: en la primera es notable la grande urna que se ve debajo del altar mayor de San Nicolás; otra existe tambien en la iglesia de San Quattro: en el museo del Vaticano he visto tambien dos columnas de una pieza y una taza de un pórfido negro, que es muy probable pertenezcan á esta especie.

Oligofído

SINONIMIA.—Pórfido azul.

DEFINICION.—Bajo la denominacion de oligofído ó pórfido azul se comprende la roca compuesta esencialmente de una pasta de oligoclasa y cristales generalmente del mismo feldespato, engastados en ella. Distínguese de las anteriores por el color azul que le es característico, y sumamente agradable á la vista.

VARIEDADES.—Porfiroidea, la que está sembrada de grandes cristales de oligoclasa; granitoidea, la que ofrece el aspecto del granito, ó mejor, de la sienita, puesto que en ella se notan el oligoclasa, el cuarzo y el anfibol, reducidos á pequeño tamaño y entrelazados como en esta roca; cuarcífera, que contiene muchos cristales de cuarzo, y anfibolífera, con cuarzo y anfibol.

YACIMIENTO.—Este pórfido se presenta en diques y tifones de bastante consideracion, atravesando y ramificándose á veces en la masa de los pórfidos rojos y albitofidos y en las capas de la arenisca abigarrada, al menos en el departamento del Var (Francia), y particularmente en la cordillera del Esterel. Es, de consiguiente, posterior á estos terrenos; y aun atendida su analogía con los granitos y pórfidos de la isla de Elba, puede creerse que sus erupciones se extendieron hasta la época terciaria.

LOCALIDADES.—Boulouris, Aiguebelle, la Caux, Agay y otros del departamento del Var, son los puntos clásicos de este pórfido; tambien se encuentra en Marmato (Nueva Granada.)

En la Península no sé que se haya encontrado hasta el dia.

APLICACIONES.—Este pórfido es apreciado como piedra de adorno y decoracion de edificios ó monumentos. Los romanos elaboraron con él una porcion de objetos preciosos que se conservan todavía en Arlés, Frejus y en Roma; viéndose aun en Caux las canteras que abrieron para extraerlo.

Las rocas porfídicas, cuya descripcion acabamos de trazar, y que, resumiendo, pueden referirse á pórfidos rojos, verdes, negros ó meláfidos y azules ú oligófidos, se enlazan íntimamente con las del otro género en que vamos á ocuparnos.

SEGUNDO GÉNERO—PÓRFIDOS MAGNÉTICOS

En este género se comprende una porcion de especies caracterizadas todas por la presencia de un silicato de magnesia, que en unas forma parte esencial de su composicion, asociado al feldespato ú otra especie mineral, y en otras es el único elemento mineralógico que las constituye.

Serpentina

SINONIMIA.—Ofita, ofiolita, piedra ollar, gabro de los italianos, etc.

ETIMOLOGÍA.—El nombre que lleva esta roca nos recuerda el color verde mas ó menos uniforme ó salpicado de manchas, imitando con mas ó menos propiedad el color de las serpientes y lagartos.

DEFINICION.—La serpentina representa una especie mineral de composicion compleja y mal definida hasta estos últimos tiempos, en la cual figuran varios silicatos, algo de diálaga, de feldespato y talco, que es el que le comunica el tacto untuoso y suave que le distingue. De modo que por lo visto pudiera considerarse como una roca aldelógena. Aparte de estos elementos mineralógicos esenciales, se ven con frecuencia en la serpentina el hierro cromado y magnético, el cobre, la galena, los granates en abundancia, el asbesto, la mica y otros de menor importancia.

CARACTÉRES.—El primer carácter que salta á la vista es el de la coloracion, que es verde uniforme, salpicado á veces de diversos matices; otras se presenta algo rojiza, verde muy oscuro y casi negra; su estructura es compacta, algo pizarrosa, granuda y laminar, ofreciendo el aspecto de una especie de reticulacion, que puede hasta cierto punto confundirse con la de varios zoófitos; de fractura astillosa: su dureza es poca, pues se deja rayar hasta con la uña: es, sin embargo, muy tenaz; por último, el tacto es suave.

VARIEDADES.—Comun; noble, la que es traslúcida y de un verde puerro claro; laminar, sembrada de pequeñas hojas de talco; pizarrosa; variolítica, que contiene nódulos esferoidales; brechiforme, formada de fragmentos irregulares reunidos por la propia serpentina; dialagífera, asbestífera, piroxénica, granatífera, oxidulífera, cromífera, cuarcífera, etc., por las sustancias que accidentalmente lleva. A estas variedades hay que agregar la cristalizada de Snarum (Suecia), seudomorfosis, segun Nordenskjold, del olivino, de la cual pueden verse en el gabinete de Historia Natural los ejemplares traidos por mí de Stokolmo en 1869. Esta sospecha ha sido plenamente confirmada por el Sr. Macpherson en la Memoria inserta en los Anales de la Sociedad de Historia Natural en 1875, en la que, valiéndose del microscopio, ha probado la trasformacion del peridoto en serpentina.

Macpherson considera la serpentina como un peridoto hidratado que ha perdido la cuarta parte de su magnesia, sustancia esta que, arrastrada por las aguas, dió orígen á las Dolomias y á otras rocas relacionadas con la serpentina.

YACIMIENTO.—Las serpentinas suelen presentarse en masa, formando montes redondeados ó cónicos; tambien en capas alternan, y aun al parecer, forman parte de los terrenos de sedimento; otras constituyen filones que no solo

han atravesado y dislocado las capas de diferentes terrenos neptúnicos, sino que han determinado en ellas un metamorfismo muy marcado. En casi todas las regiones clásicas, como son la Liguria, la Toscana, Córcega, los Alpes del Delfinado y varios puntos de nuestra Península, la serpentina se halla asociada á la eufótida, y en Toscana estas dos, combinadas con los meláfidos, constituyen lo que el ilustre señor Savi de Pisa llama terreno ofiolítico. La serpentina es posterior en su aparicion al terreno eoceno, como se ve en la isla de Elba.

LOCALIDADES EXTRANJERAS. — Esta roca es muy comun en las regiones indicadas; siendo de notar que en la cordillera metalífera de la Toscana, como en la isla de Elba y en otros puntos, acompaña casi siempre á metales plomizos, ferruginosos y de cobre.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—Otro tanto sucede en España en las muchas localidades en que la encontramos, y en especial en todas las montañas que desde el puerto de Gomez se extienden hasta Gibraltar, á poca distancia de la costa. En Sierra Bermeja y Almagrera suele ser la matriz de las galenas y de otros metales. El Sr. Thalaker encontró en San Lorenzo del Escorial la variedad llamada noble: es muy bella la del barranco de San Juan (Sierra Nevada), de donde proceden las columnas del altar mayor de la catedral de Granada, y las famosas de las Salesas Reales de la corte. Todos los criaderos de tan importante distrito, puestos en claro por el Sr. Maestre, se hallan relacionados con esta roca. Se encuentra tambien, segun el Sr. Ezquerra, en Velez-Málaga.

Rojas Clemente la cita en Coin, sirviendo de matriz á la plombagina que allí se explota; la Sierra de Aguas, entre Alora y Carratraca, es toda de serpentina, segun este célebre naturalista; y contiene cuarzo, jade, amianto, talco y tambien plombagina. Abunda igualmente en Sierra Bermeja, entre Genalguacil y Estepona, relacionada con el granitino.

Segun el Sr. Collette, en la descripcion del Señorío de Vizcaya, se encuentra en el término de Rugerio, llevando hierro oligisto especular: entre Busturia y Forna esta roca ha determinado la alteracion de los kaolines, que son abundantes. Al Oeste de Bermeo se hallan tres colinas de serpentina, cuya aparicion alteró las calizas del terreno triásico. El Sr. Coquand la cita en Ceuta, y el Sr. Schulz en Moeche, Larazo, y entre Mullid y Leboreiro (Galicia), encontrándose en Villamor la variedad llamada ollar.

Pero la region mas notable de la Península, sin disputa alguna, es Sierra Nevada y la Serranía de Ronda con sus ramificaciones, constituidas en gran parte por la serpentina y pórfidos verdes, acompañados de cobre y galenas argentíferas muy ricas, cuya aparicion determinó todas las dislocaciones que en dicha cordillera se observan.

En la Memoria publicada en 1875 en los Anales de la Sociedad española de Historia Natural, su autor, el señor Macpherson, dice que la erupcion serpentínica de Ronda es quizás la mas importante de Europa, no solo por la superficie que alcanza, sino tambien por los singulares metamorfismos allí ocurridos, entre los cuales figura el tránsito del peridoto á la serpentina.

APLICACIONES. — La serpentina y sus diversas variedades son susceptibles de muchas aplicaciones. Cuando ofrece cierta consistencia se puede tallar perfectamente, recibiendo un pulimento que la hace apreciable para una infinidad de objetos de adorno, como pedestales, columnas, zócalos, estatuas, vasos, tazas, etc. El museo del Vaticano posee en este género objetos de mucho precio, y las columnas de una sola pieza de los altares de las Salesas Reales de Madrid son notables por su tamaño y hermosura.

La variedad llamada noble por la belleza de sus tintas, es muy estimada y de bastante valor.

Cuando predomina en su composicion el talco, la piedra es demasiado blanda para los objetos indicados; pero en razon á la mayor facilidad con que se deja tallar, se destina á elaboracion de vasijas, pucheros de todos calibres, hornillos y otros utensilios para el uso doméstico. La variedad que se presta á esta aplicacion se llama piedra ollar; es muy comun (1) y se sirven de ella con buen éxito en Ala, Sesia, Strona y otros puntos de los Alpes de la Suiza y Saboya, y tambien en Córcega.

Eufótida

ETIMOLOGÍA.—De *eu*, mucho, y *photos*, luz.

SINONIMIA.— Verde de Córcega, granitona, hiperita, variolita de la Durance, gabbro en Italia.

DEFINICION.— La eufótida, llamada por algunos granítona, y comunmente verde de Córcega, por abundar mucho en esta isla, es una roca compuesta de diálaga y feldespato, jade ó Saussurita, de color blanco manchado de verde, como su mismo nombre lo indica; muy tenaz, de estructura granosa, que la hace confundir á veces con ciertas variedades del granito.

VARIEDADES.— Granitoidea, compuesta de láminas de diálaga diseminadas con cierta uniformidad en una pasta de feldespato hojoso; aporfidada, variolítica, de estructura granosa con glóbulos esferoidales de feldespato; granujienta, pizarrosa, conglomerada, compuesta de fragmentos de eufótida y otras rocas, reunidos por un cemento de aquella; esmaragdita, notable por el color verde esmeralda de la diálaga; hiperesténica, llamada por algunos hiperita, constituida por el feldespato labrador y la variedad hiperstena de la diálaga, serpentínica, micacífera, piroxénica y eglogita, compuesta de diálaga cristalizada ó de hiperstena y granate con pirita de hierro, á veces.

YACIMIENTO.—Son tan íntimas las relaciones geográficas y geognósticas entre esta roca y la serpentina, lo mismo que entre ellas y la piroxenita, que si bien consideradas mineralógicamente, se las debe estudiar como especies diferentes, bajo el punto de vista geológico no pueden separarse de un tipo comun. De consiguiente, el modo de presentarse la eufótida es el mismo indicado ya en la serpentina; y en cuanto á su edad relativa puede asegurarse que si bien en el Delfinado y la Saboya no ha pasado del período antracífero, en la Toscana y Córcega atravesó el terreno nummulítico, cuyos estratos dislocó y alteró hasta el punto de encontrarse fragmentos de rocas de sedimento engastados en la masa de eufótida, como se ve, segun Coquand, en Gaggio (Apeninos boloñeses), en donde las arcillas aparecen convertidas en jaspes, y las calizas en Dolomías y oficalcias.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—En los Apeninos de Bolonia se encuentra la eufótida en Gaggio, Pian di Sesa, Sas Grosso, Sas del Oro y otros puntos: en Monterosa y Monteviso: en Riparbella y Roca Silana (Toscana): en Córcega es muy abundante: en la isla de San Pablo (Estados-Unidos): en la de Sky (Escocia): en Penig (Sajonia) es comun la variedad llamada hiperita: en los Alpes del Delfinado, en Córcega y Toscana se encuentra la serpentínica: la piroxénica en Arguenos (Pirineos): en la isla de Elba la variedad pizarrosa; y el conglomerado en Gaggio, Sas Grosso, etc.

(1) Nada prueba mejor lo abundante de esta variedad de serpentina, como los diversos nombres que lleva. Plinio ya la conoció con el nombre de *lapis comensis*, por su procedencia del lago de Como: en Inglaterra la llaman *pottstone*, en Italia *lavezzi*, y en Alemania, *lavezstein*, *schneidestein*, *giltstein* y *topfstein*.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — En la Península se encuentra en Castilblanco (Sevilla), en una erupcion clásica, segun el Sr. Luxán, en relacion con los granitos: es tan abundante la eufótida en dicho punto, que forma el asiento del pueblo, y ha servido de piedra de construccion para todos los edificios. En condiciones parecidas se halla esta roca en los alrededores de Almaden, de cuyo criadero metalífero puede decirse que forma parte, inyectada en los filones de cinabrio: los puntos mas notables de esta parte de Extremadura y Sevilla, son Guareña, Mérida, Alburquerque y Cazalla. En Badajoz, segun los Sres. Luxán y Naranjo, forma unas colinas en las que evidentemente la eufótida ha determinado la transformacion de las calizas terciarias lacustres en Dolomia. Schulz dice encontrarse la eufótida en Leboreiro y otros puntos de Galicia.

El Sr. La Cortina cita la variedad serpentínica, ó por mejor decir, la ofiolita dialágica (llamada Gabbro) entre Carratraca y Casarabonela con hierro oxidulado, que causa notables alteraciones en la brújula al practicar operaciones geodésicas: el mismo dice que la variedad grammatítica se encuentra en Carratraca relacionada con notables depósitos de nikel oxidado, sulfurado y arseniatado.

APLICACIONES.—La eufótida admite bien el pulimento, y es una piedra de adorno muy agradable, con la que los antiguos elaboraron objetos muy preciosos; tambien se emplea en la construccion, como se ve, por ejemplo, en Castilblanco y en muchos otros puntos.

Anfibolita

SINONIMIA. — Diorita, dioritina, diabasa, Grünstem, afanita, piedra córnea, ofita (de Palassou), diorita orbicular de Córcega.

DEFINICION. — Roca compuesta esencialmente de la variedad de anfibol llamada hornblenda y de feldespato labrador: de estructura diversa, á saber: granujienta basta, en cuyo caso, distinguiéndose los dos elementos de su composicion, se parece al granito y recibe nombre de Diorita; granujienta mas fina, y se llama Dioritina; y tambien compacta cuando fundido el feldespato y el anfibol, constituye la variedad llamada afanita ó piedra córnea. Las sustancias esenciales á su composicion suelen presentarse entremezcladas como en los granitos de grano fino, excepto en la variedad orbicular de Córcega, en la que se hallan dispuestas en capas concéntricas (1), formando nódulos cementados por una pasta de anfibolita granujienta. El color que predomina en esta roca, es el verde mas ó menos oscuro, á veces casi negro; uniforme en las variedades compactas; mas ó menos salpicado de blanco, debido al labrador en las granitoideas. Esta roca es muy tenaz y bastante dura, si bien susceptible de descomponerse ó de ceder á la accion de los agentes exteriores.

Además de las sustancias esenciales, ofrece la anfibolita como elementos accesorios el cuarzo, la diálaga, la mica, el granate, la epidota, piritas, hierro titanado, etc.

VARIEDADES. — Granitoidea; aporfidada, en la que se ven cristales de anfibol en la pasta feldespática; homogénea ó anfibolita propiamente dicha, cuando el anfibol predomina hasta el punto de no aparecer el feldespato á la simple vista; compacta ó afanita, pizarrosa y orbicular, llamada por excelencia de Córcega, por ser la localidad mas clásica que se conoce; micácea y granatífera cuando lleva mica ó granates.

YACIMIENTO. — La anfibolita suele presentarse en masas de corta extension en los terrenos antiguos en relacion con los granitos y pizarras cristalinas, en cuyas rocas parece encontrarse ramificada. En Cristianía se observa en forma de dique atravesando los estratos de una arcilla pizarrosa, que no solo levantó, sino que arrastró tras sí una porcion de fragmentos de dicha roca que hoy se encuentra en su seno formando una brecha muy curiosa, que acredita la fluidez con que apareció la anfibolita. En el sistema llamado por Studer de Mont-Jove, en Saboya, cerca de Aosta, se ve esta roca en relacion con las serpentinas, los asbestos y actinotas, y con las pizarras gris y verde, á las cuales pasa con frecuencia, como tuve ocasion de ver en 1850. En la Bretaña (Francia) se presenta en masas considerables, formando colinas cónicas de bastante altura, como en la de Menez-Bré; y tambien en filones de alguna consideracion. En los Pirineos, region clásica para esta roca, se halla intimamente enlazada con el piróxeno en masa. La anfibolita recorre todos los terrenos desde el silúrico, como en Noruega, hasta los terciarios modernos, como se ve en los Pirineos y en el departamento de las Landas, en Francia; encontrándose tambien en el período jurásico, como puede observarse en el canton de Valais (Suiza).

LOCALIDADES EXTRANJERAS. — Ponzac, Labasserre y otros puntos, en los Pirineos; Tavigliana y Verret, cerca de Aosta, y Mont-Jove (Saboya); Nantes, Coutances, Menez-Bré y otros (Bretaña); Saint Blaise y Saint-Maurice (Vosgos); Radau en el Hartz; Freyberg (Sajonia); Feldberg (Darmstadt); La Bauduero (Vendée); Djebel-Edough (Africa); y Córcega para la variedad llamada orbicular, son los puntos mas importantes.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — En España no solo abunda esta roca, sino que con frecuencia se halla enlazada con criaderos metalíferos. Pellico la cita en Sierra Almagrera, atribuyéndole los trastornos y dislocaciones de aquel distrito, así como la aparicion de tan famosos criaderos; segun el señor Schulz, en Galicia se encuentra el anfibolito cloritoso en Puente Noval y en el rio Lambre; el feldespático, en Santa Baya en Bergantiños; el gneisico, en el cabo Ortegal; otras variedades en San Roman de Moeche, en el Arsenal y Monte Viso al E. de Santiago, todos en terrenos antiguos: el mismo cita en Asturias la diorita aporfidada en la Pola de Allande, á orillas del rio Valledor; en Ferreros, el pórfido diorítico; á media legua de Infiesto, la diorita en un dique, y al N. de Santa Eulalia de Cabranes, la diorita verde y la negra en relacion con un filon de pórfido. En el valle de Mena (Guipúzcoa) y cerca de Reinosa (Santander), se encuentra atravesando el terreno jurásico. Segun el Sr. Luxán, es abundante la anfibolita en Feria y Zafra (Extremadura) relacionada con una gran masa de hierro magnético, y tal vez con la que se encuentra en Pedroso y Marbella. En el distrito de Riotinto, en Campofrío, Aracena y Puebla de Guzman, es comun, y tambien en Trasierra en donde forma un monte de bastante importancia. Por último, segun el Sr. Cortina, se la ve en Salabe (Asturias), en Bellagona, Vera, al E. de Almaden, en Guareña, Villa-Gonzalo, Mérida, Badajoz, Alburquerque y Cazalla (Extremadura). En el término de Alfarp, lindante con el de Carlet (Valencia), en Segorbe y Barranco del Cucharero (Castellon), Sarrion y Camarena (Teruel), y otros puntos he visto la verdadera diorita en relacion con el terreno triásico, cuyos materiales ha dislocado y alterado profundamente.

APLICACIONES. — La anfibolita se emplea como piedra de adorno y en la fabricacion de objetos de lujo, como

(1) Esta variedad me recuerda un hecho muy curioso que ofrecen las extraordinarias anfigenas de Rocamonfina, junto á Sessa (Nápoles), y del que, sin embargo, no se han ocupado todavía los geólogos, á mi entender; que consiste, en que los cristales de esta sustancia se hallan constituidos por capas concéntricas de piróxeno y leucita, alrededor de un núcleo que casi siempre es de piróxeno.

vasijas, jarrones, mesas, etc., muy apreciados por el buen efecto de las tintas y el hermoso pulimento que admiten las variedades granitoideas. De ella se sirvieron para decorar sus monumentos los romanos y egipcios. La descomposicion de esta roca suministra en Bretaña, segun Coquand, una excelente puzolana, y en otros puntos muy buena tierra vegetal.

Piroxenita

SINONIMIA.—Piróxeno en masa, Lherzolita, Lhercolita, Augitfels, Cocolita, etc.

DEFINICION Y VARIEDADES.—Roca compuesta esencialmente de piróxeno diópsido, Edembergita ó Bustamita de base de cal y magnesia. Su estructura suele ser compacta, granujienta, fibrosa, pizarreña y fragmentosa, constituyendo otras tantas variedades que no citamos en particular por creerlo inútil. La compacta de grano microscópico se llama Lhercolita, diferenciándose de la Lherzolita en que en esta el grano es mas basto; la granujienta ha recibido el nombre de Cocolita. El color de esta roca suele ser verdoso mas ó menos claro, tambien á veces oscuro. Goza de bastante tenacidad y de una dureza regular. Además del piróxeno, elemento esencial á su composicion, suele presentar esta roca otras sustancias accidentales, como el granate, el cuarzo, la hiperesténica, etc.; que originan las variedades granatífera, cuarzosa, hiperesténica, etc.

YACIMIENTO.—La piroxenita, llamada Lherzolita por creerla peculiar de los alrededores del lago de Lherz en los Pirineos, se encuentra allí en masa constituyendo colinas cupuliformes mas ó menos redondeadas, enclavada en la caliza jurásica. En dicha region la piroxenita no solo atravesó los estratos calizos dislocándolos y haciéndoles tomar el aspecto de mármoles sacaroideos, sino que en el punto de contacto arrastró fragmentos diversos de estos, que hoy se encuentran empotrados en la masa de aquella, constituyendo conglomerados de friccion, como los llama Coquand. Esta es una demostracion palpable del modo y estado pastoso con que esta roca salió del fondo de la tierra. Tambien se presenta en diques ó filones á veces de una potencia extraordinaria, como se observa en Campiglia y en la punta de la Calamita (isla de Elba), en donde tiene mas de 3,000 metros de diámetro. En este punto se halla representada por una variedad muy curiosa, compuesta de masas globulares contiguas, de dimensiones variables constituidas por fibras que irradian de un centro. Allí acompaña esta roca á la masa inmensa de hierro magnético, así como en Campiglia, asociada de un granito y de un pórfido cuarcífero, está íntimamente relacionada con minerales de cobre, hierro, plomo y zinc. Esta roca se encuentra en las pizarras cristalinas antiguas de Bona (Africa): mientras en toscana y en los Pirineos corresponde á los terrenos terciarios.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—Las localidades mas célebres son: el Lago de Lherz, Soleilhas y Lacus (Pirineos): Monte-Castelli, Libiano, Riparbella é isla de Elba (Toscana): Filfilah y Djebel-Edough (Africa): Real de minas de Fetela, México, y otros.

En la Península no debe escasear esta roca si se atiende á las relaciones que tiene con la anfibolita tan abundante; sin embargo, ignoro los puntos en que se halla.

SEGUNDA CLASE.—ROCAS ÍGNEAS

ÓRDEN ÚNICO

Igneas modernas ó volcánicas

Llámanse estas rocas modernas, por ser las últimas que aparecieron y aun hoy salen del interior del globo: se las da tambien el nombre de volcánicas, por ser las que constituyen los volcanes.

Fundándose en la edad relativa, en la composicion mineral y en otras consideraciones, los geólogos distribuyen las rocas de este órden en tres géneros, á saber: 1.° *traquítico;* 2.° *basáltico;* 3.° *lávico.*

PRIMER GÉNERO.—TRAQUÍTICO

Las rocas comprendidas en este género se distinguen perfectamente por varios caractéres, que se detallarán al tratar de cada una de las dos especies que comprende.

Traquita

ETIMOLOGÍA.—La palabra traquita se deriva de *traxús*, que en griego significa áspero al tacto.

SINONIMIA.—Pórfido traquítico, Leucostita, Domita, Andesita, Masegna, Necrolita, obsidiana, pórfido obsidiánico, pumita, estigmita, lava pumítica, Trass, Trassoita, etc.

DEFINICION.—Bajo la denominacion de traquita se comprenden varios productos volcánicos, compuestos esencialmente de granos microscópicos de feldespato ortosa, mezclados con pequeñas hojuelas de mica, de anfibol, piróxeno y hierro titanado, presentando, como sustancias accidentales, los ópalos, el azufre, la alumita, el oro, la plata y otros metales.

CARACTÉRES.—El primer carácter de esta roca es el que justifica el nombre que lleva, ó sea la aspereza al tacto: su color es variable, si bien predominan las tintas claras como el gris sucio ó pardo, uniforme ó con manchitas oscuras debidas al piróxeno ó la mica; otras veces se presenta mas ó menos oscura con cristales blancos de feldespato, y afectando por la distribucion de la tinta el aspecto de una brecha, la cual constituye una variedad muy curiosa llamada Piperno por los napolitanos. La estructura es térrea, compacta, celular, fibrosa cuando pasa á la pómez, aporfidada y granítica, estableciendo el tránsito al granito.

Esta roca se presenta en masa y en corriente, afectando en algunos puntos la forma prismática como el basalto y la obsidiana. Algunos prismas pueden ver los curiosos en mis colecciones, traidos por mí de Panaria, una de las islas de Lipari.

DIVISION.—Esta especie puede dividirse en dos subespecies, á saber: primera, traquítica propiamente tal, representada por gran número de variedades terrosas ó pétreas, y segunda, obsidiana y pómez.

Primera sub-especie

VARIEDADES.—Granítica no solo por la estructura, sino por la composicion igual á la del granito, cuyo tránsito puede verse en los ejemplares traidos por mí del islote de Basiluzzo en Lipari, y depositados en las colecciones de feldespato que salpican su masa; pizarreña por su estructura hojosa: térrea, por otro nombre *Domita*, por formar los montes cónicos de Auvernia llamados *Puy de Dome;* prismática, como la de Panaria; celular, fibrosa, escoriácea, etc., y atendiendo á las sustancias que accidentalmente lleva en su masa, recibe los nombres de cuarzosa, micácea, anfibolífera, aurífera, argentífera, etc.

A mas de las variedades indicadas, en los centros traquíticos existen materiales sueltos ó conglomerados, resultado de las erupciones mismas ó de la descomposicion de las rocas y de su consolidacion posterior.

YACIMIENTO.—Las rocas traquíticas propiamente di-

chas se presentan en grandes masas, como sucede en los Andes; en corriente, segun he tenido ocasion de ver en la famosa del Arso en Isquia, y formando montes cónicos ó sin cráter, como se observa en Auvernia, en Roca Monfina junto á Sessa (Italia) donde representa en el monte de Santa Cruz un cráter que levantó al llamado *Cortinella;* en Pádua, y sobre todo en las islas de Lipari.

EDAD DE LAS TRAQUITAS.—Humboldt y Beudant aseguran que las de los Andes y Hungría hicieron su aparicion en la época cretácea; las de Auvernia, Italia y otras regiones, pertenecen al terreno terciario. Debe advertirse, no obstante, que así en América como en otros puntos esta roca ha continuado saliendo del interior del globo en épocas posteriores, pudiendo citar la corriente del Arso en Isquia, que apareció en 1504.

TRÁNSITOS.—Las variedades de la traquita se enlazan por tránsitos insensibles, no solo con las obsidianas y pómez, sino tambien con el granito, segun puede observarse en los ejemplares de Basiluzzo, que figuran en las colecciones de mi cátedra, en los cuales hallarán los inteligentes preciosos materiales de estudio.

LOCALIDADES.—Esta es una de las rocas volcánicas mas abundantes, como lo acreditan la cordillera de los Andes, distrito de la Auvernia en Francia; la Hungría, cuyo famoso vino Tockay procede de viñas que prosperan en tierras de esta naturaleza; las orillas del Rhin y particularmente las siete montañas (Siebengebirge); Padua, Sessa, Sicilia y sobre todo las islas de Lipari.

En cuanto á nuestra Península, la region mas importante es la del Cabo de Gata, donde la traquita se presenta con todas sus variedades, llevando en algunos puntos galena argentífera, blenda y piritas de hierro, dando orígen en Almazarron á grandes explotaciones de alumbre, etc. Además se citan en algunos puntos aislados, como Monte-Axpé, junto á Portugalete; en Gargantiel, Garlitos, cerca de Almadenejos, etcétera.

APLICACIONES.—Estas rocas pueden utilizarse en su estado íntegro ó normal, ó tambien en el de descomposicion.

En estado intacto ó fresco, como suele decirse, la traquita reune todas las cualidades de una excelente piedra de construccion, siendo ligera y porosa, circunstancia que, al paso que permite la penetracion del mortero, da gran solidez á los edificios y poco peso. Todas las casas de la ciudad de Lipari, en la isla de este nombre, la mayor parte de las de Nápoles, Padua y Clermont Ferrand, la famosa catedral de Colonia y una infinidad de monumentos, están construidos con esta piedra. Las Brechas de Biot y Villeneuve (departamento del Var), que contienen fragmentos de traquita, sirven para la construccion y para revestir los hornos de sosa en Marsella.

La variedad llamada terrosa ó Domita es mejor todavía por ser mas ligera y porosa, y porque no se descompone tan fácilmente. La conocida con el nombre de molar se emplea en Hungría para piedras de molino; así como la toba pumítica sirve en Tockay (Hungria) de excelente piedra de construccion.

La descomposicion de la traquita, muy comun en atencion á su naturaleza eminentemente feldespática, da por resultado una arcilla, que se utiliza en muchos puntos en la alfarería; formando además una tierra vegetal muy feraz que contrasta con la esterilidad de los terrenos traquíticos en estado de integridad, en razon á la dureza y permeabilidad de sus rocas.

La orgullosa y riquísima vegetacion de la isla de Isquia, así como la feracidad de los campos flégreos napolitanos, de la Auvernia, en la inmensa llanura de Limaña, uno de los mejores graneros de Francia, confirman plenamente lo que se acaba de indicar.

Segunda sub-especie.— Obsidiana

ETIMOLOGÍA.—El nombre de esta roca recuerda el de Obsidio, que fué el que por primera vez la trajo de Etiopía.

SINONIMIA.—Vidrio volcánico, ágata negra y marekanita de Islandia, espejo de los Incas por el uso á que estos la destinaban, piedra galinácea, etc.

DEFINICION.—Roca compuesta esencialmente de los mismos elementos mineralógicos que la traquita, ó sea de feldespato potásico (riacolita), de sosa ó de cal.

CARACTÉRES.—El color mas comun en la obsidiana es el negro, pero tambien se presenta verde oscuro con manchas blancas, que son cristales de feldespato; gris sonrosado y rojizo; la combinacion de tintas afecta en algunos, aunque raros casos, el aspecto de una brecha, como se ve en los ejemplares traidos por mí de Lipari, entre los cuales los hay tambien irisados, accidente muy poco comun en esta roca. La estructura mas frecuente es la compacta, en cuyo caso el brillo se presenta vítreo y la fractura perfectamente concoidea: otras veces es fibrosa, celular, cavernosa, oolítica ó miliar, pisolítica ó tuberculosa y tambien térrea. En gruesas tablas ó lajas es opaca, pero en láminas delgadas y en los bordes es traslúcida y hasta trasparente.

Tratada al soplete da un vidrio blanco ó verdoso aun en los ejemplares de color mas negro, lo cual inclina el ánimo á considerar como bituminosas ó carbonosas las sustancias que le comunican dichas tintas. El fragmento sometido á este experimento aumenta considerablemente de volúmen.

VARIEDADES.—Las princiales variedades de la obsidiana son difíciles de enumerar por su extraordinario número, distinguiéndose por sus colores, por su estructura, etc.; debemos, no obstante, indicar algunas por su importancia. La primera se llama marekanita: se presenta en pequeños fragmentos redondeados y procede de las erupciones volcánicas de Islandia y del Kamchatska; la segunda es la en brecha que por su estructura, imita perfectamente la de una roca conglomerada, siquiera los fragmentos angulosos que la representan estén simplemente unidos por una materia que tambien es obsidiánica. Solo conozco esta variedad de la isla de Lipari, de donde la traje el año 1852.

Hay otra verde aporfidada que encontré por indicacion del Sr. Dufrenoy en el barranco del Infierno, junto á Vich (Auvernia). Por último, las variedades celulares, fibrosas, etc., que establecen el tránsito á la pómez las he visto en Lipari, de donde traje magníficos ejemplares; tambien se observan en Canarias y son por demás curiosas é interesantes.

En la Punta de la Castaña la he visto prismática, cuya importante cuanto rara variedad pueden examinar los inteligentes en el gabinete de Historia Natural.

YACIMIENTO.—La obsidiana, además de ser arrojada en la época actual por los volcanes indicados, se encuentra en regiones flégreas apagadas, por lo comun en corriente; es decir, que apareció en un estado análogo al de la lava actual, debiéndose probablemente á esta circunstancia y al enfriamiento lento de su masa la estructura compacta y el aspecto vítreo que tanto contrasta con el de la traquita y el de la piedra pómez.

LOCALIDADES.—La localidad mas clásica para esta roca es la Punta de la Castaña, promontorio situado en la costa Nordeste de Lipari, y que mereció una brillante descripcion de la elegante pluma de Spallanzani, en su obra titulada *Viaje á las Dos Sicilias.* Encuéntrase tambien en Islandia, Kamchatska, Hungría y Auvernia, no escaseando tampoco en México y el Perú. En la Península se encuentra en varias localidades, si bien la mas importante de todas es el famoso Morron de los Genoveses y el Cabo de Gata.

APLICACIONES.—Los antiguos incas del Perú y lo mexicanos se sirvieron de esta piedra para fabricar no solo espejos muy curiosos, sino tambien hachas, cuchillos, flechas y toda clase de armas y utensilios, de los que muchos pertenecen á las épocas que hoy la ciencia llama prehistóricas. En Nápoles llegó á emplearse esta sustancia en la fabricacion del vidrio. En las comarcas en que abunda suelen destinar la variedad negra para adornos de luto; por último, como sustancia curiosa y de estudio, es muy estimada en todas las colecciones minero-geológicas.

Piedra pómez

ETIMOLOGÍA.—Esta piedra se llama así del latin *pumex*, piedra para pulimentar; se deriva tambien de espuma, por cuya razon algunos la denominan pumita.

DEFINICION.—Esta es una roca compuesta esencialmente de feldespato igual al de la obsidiana, casi con exclusion de otra sustancia.

CARACTÉRES.—A pesar de la identidad de composicion, la pómez puede decirse que es la antítesis de la obsidiana, presentándose de colores generalmente claros, blanco anacarado, gris sucio; su estructura es fibrosa, ofreciendo las fibras un color sedoso característico. Con frecuencia es celular y tambien cavernosa, lo cual hace que sobrenade en el agua; al soplete funde con facilidad, dando un esmalte blanco, aunque sin aumentar de volúmen.

VARIEDADES.—Pocas son las variedades de la pumita, á no ser las establecidas por la diferencia de estructura; figuran entre ellas, además de la toba pumítica, resultado de la aglutinacion de las cenizas arrojadas en las erupciones ó resultado de la descomposicion de la roca, unos conglomerados singularísimos, formados de fragmentos de pómez, cementados ó reunidos por la propia sustancia, sin duda cuando la roca ofrecia cierta pastosidad al ser arrojada por el volcan.

YACIMIENTO.—En general la pumita se presenta en fragmentos irregulares y sueltos á la superficie y alrededor de los centros volcánicos, ó bien formando ciertos horizontes en la masa de las arenas ó lapilli pumítico, como he tenido ocasion de ver en el llamado Campo Bianco en Lipari, no léjos de la Punta de la Castaña. De modo que por lo visto, así como la obsidiana representa la corriente volcánica de aquella época, la piedra pómez, por el contrario, constituye las masas arrojadas por la boca, llamada explosiva, del volcan que todavía se conserva en dicho punto.

LOCALIDADES.—Aunque la piedra pómez se encuentra en casi todos los centros traquíticos de Europa, puede asegurarse que la localidad mas importante y de la que procede la mayor parte de la que se consume en Europa es la ya mencionada de Lipari. Los singulares conglomerados de que va hecha mencion, proceden del sitio llamado Pumichazzo (Lipari). Tambien parece que se encuentra en el Cabo de Gata.

APLICACIONES.—Además del uso general que se hace de esta sustancia para preparar las maderas y piedras para el pulimento, en Lipari se destina á piedra de construccion, á cuyo fin la tallan en gruesos atobones con los que se construyen casas y bóvedas, para cuyo objeto reune esta roca á la solidez y resistencia, una gran ligereza y la estructura celular que permite la fácil penetracion del mortero ó argamasa.

Fonolita

ETIMOLOGIA.—La palabra fonolita se deriva de *fonos*, sonido, y *litos*, piedra.

SINONIMIA.—Piedra sonora, klingstein, leucostina, leucostita, perlita, perlstein, estigmita perlada, pechstein.

DEFINICION.—La fonolita, así llamada por el sonido particular que da cuando se la golpea con el martillo ó con cualquier otro instrumento de metal, es una roca compuesta esencialmente de ortosa, al que se agrega algun silicato aluminoso hidratado con álcalis, fusible al soplete, y en parte soluble en los ácidos. Además de estas sustancias, ofrece á veces la mica, el anfíbol y piróxeno, materias que suelen existir como fundidas en la masa misma de la roca, y que solo el análisis pone de manifiesto.



Fig. 34.—Pico fonolítico de la Auvernia

CARACTÉRES.—La fonolita es de aspecto uniforme y comunmente adelógena, presentando una tinta como resinosa, que es en lo que principalmente se distingue de la traquita. La estructura es compacta, pétrea y vítrea, y con frecuencia hojosa y tabular; la fractura es escamosa; las tintas que afecta suelen ser claras, predominando el gris pardo algo azulado.

DIVISION.—La fonolita ofrece una porcion de variedades que pueden agruparse en dos sub-especies, como se ha hecho en la traquita, pues las hay pétreas y vítreas, llamándose á la primera fonolita propiamente dicha, y á la segunda perlita.

FONOLITA.—A la primera sub-especie le convienen todos los caractéres que acabamos de indicar; y las principales variedades que de ella existen son la porfiroidea, por los cristales de feldespato y á veces de piróxeno que contiene, la compacta y tabular ó pizarrosa, que es la que se cuartea con mas facilidad y da el sonido á que los alemanes llaman *klink*.

La segunda sub-especie se ha llamado perlita y resinita por el aspecto análogo á la resina que ofrece, y el estado globular ó de pequeñas perlas en que generalmente suele presentarse.

YACIMIENTO.—Las rocas fonolíticas ofrecen las mismas ó muy análogas circunstancias de yacimiento y relaciones geognósticas que las traquíticas, de cuyo terreno, segun Bural, forman el límite superior, lo cual supone que en general son mas modernas. A pesar de esta similitud de caractéres geognóstico-químicos, se distinguen, sin embargo, con facilidad por ser en general el feldespato en ellas vítreo y de

cristales mayores que en las traquitas; los cristales presentan además hendiduras horizontales, de donde resulta la estructura pizarrosa, que en aquellas es muy frecuente.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—Los Montes Eugáneos é islas de Lipari (Italia): el Cantal y Mont Dore (Francia): Schlossberg, cerca de Tœplitz: y Lambash (Escocia), son las principales en Europa.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—El Sr. La Cortina dice haber hallado la fonolita en los cerros de Sanchorey (Ciudad Real); en mi concepto debe haberla tambien en el Cabo de Gata.

APLICACIONES.—La variedad pizarrosa se emplea para cubrir los edificios, y de aquí el nombre de La Tuillière (El Tejar) dado á una montaña de la Auvernia formada de esta variedad de fonolita, fig. 34. Las variedades compacta y porfiroidea pueden servir como piedras de construccion. En cuanto á las perlitas y resinitas, son objetos de simple curiosidad científica.

SEGUNDO GÉNERO.—BASÁLTICO

En este género se incluyen dos rocas principales, á saber: el basalto y el leucitofido, cuyos caractéres resumen los del género.

Basalto

ETIMOLOGÍA.—La palabra *Basalto* la usó Plinio, aplicándola á rocas de coloracion negra, derivada de *basal*, que en lenguaje etiópico significa hierro.

SINONIMIA.—Dolerita, Mimosita, Tefrina, Galinácea, Lava tefrínica, Peridotita, Nefelinita, Frita, Brecha, Toba basáltica, Peperino, Wacka, Trapp en parte, Puzolana, etc.

DEFINICION.—Llámase basalto á una roca adelógena por lo comun, compuesta de feldespato labrador y piróxeno, de tal modo fundidas ambas sustancias, que no pueden distinguirse ni aun con el auxilio de la lente. Ofrece además como compañero casi inseparable, el peridoto olivino, y tambien el hierro titanado, la mica y muchas zeolitas, que se encuentran en sus oquedades.

CARACTÉRES.—Esta roca es azulada oscura y hasta completamente negra, de grano generalmente muy fino, de



Fig. 35.—Formas prismáticas del basalto

estructura compacta, á veces algo celular, tenaz y tan dura que raya al vidrio; pero el rasgo mas distintivo de esta roca, cuando se la estudia en su propio criadero, es su constante tendencia á tomar la forma esférica ó globular, que se pone de manifiesto en muchos centros basálticos, sobre todo en aquellos puntos en que se halla descompuesta; operacion que se verifica por capas desde la superficie al centro.

De esta propension á la forma globular resulta el aspecto prismático que con frecuencia afecta, consecuencia natural de la presion que ejercen unas esferas sobre otras al tiempo de desarrollarse; hecho demostrado en la figura 35, en que la articulacion de los prismas está revelando la manera de formarse.

Esta disposicion particular esférico-prismática del basalto comunica un aspecto curioso á las comarcas en que se halla desarrollado, mereciendo nombres especiales, como la *Calzada de los Gigantes* en Irlanda, la *Gruta de Fingal*, la de los *Quesos* en Dietricht (fig. 36), y otros muchos.

VARIEDADES.—El basalto ofrece muchas variedades, hijas unas de la estructura, tales como la porfiroidéa, con cristales de labrador, llamada por otro nombre *Mimosita;* granujienta, por otro nombre *Dolerita*, en la cual los dos elementos componentes se hallan aparentes á la vista natural, como se observa en el Etna: compacta, que es la mas comun; amigdaloidéa, con pequeños glóbulos ó masas llenas de carbonato de cal: prismática, globular, esferoidal, descompuesta que es á la que generalmente se llama Wacka. Tambien se llama por las sustancias accidentales que ofrece peridotífero,



Fig. 36.—Gruta de los quesos

micáceo, piroxenífero, etc. Por último, cuéntanse como variedades los conglomerados, las brechas y tobas, las cenizas sueltas ó aglutinadas, que representan los materiales arrojados por aquellas erupciones.

YACIMIENTO.—El basalto constituye uno de los periodos eruptivos mas importantes en la historia de las rocas volcánicas, siendo, por regla general, intermedia su posicion entre las traquitas y las lavas. Su aparicion pertenece al terreno terciario, observándosele en el horizonte eoceno en Ronca (Vicentino, Italia); en el mioceno, en la Colina de Gergovia (en Auvernia), y en las islas Columbretes; por último, en el plioceno, segun demuestra la fig. 37 y los ejemplares de toba basáltica llena de fósiles pliocenos, encontrados por mí en el valle de Militello (Sicilia), de los que traje una bonita serie.

Con frecuencia la aparicion del basalto determinó profundas dislocaciones y fenómenos de metamorfismo muy curiosos, como he tenido ocasion de ver en las islas Cíclopes, en las que el basalto, llevando delante de sí á las arcillas pliocenas que constituyen el fondo del mar, entre Mesina y Catania, no solo las convirtió en termantida, sino que el basalto mismo y esta, ambos á dos, fueron impregnados de analcima en masa y en bonitos cubos.

LOCALIDADES.—Son tantas las localidades en que aparece el basalto, así en el extranjero como en la Península, que habré de limitarme á las mas notables, y son, además de las indicadas al tratar de la estructura, el Vivarais y la Auvernia (en Francia); Bolsena, cerca de Roma, algunos puntos en el Etna, Olot y Castellfollit, Cabo de Gata y Campo de Calatrava.

APLICACIONES.—Las columnas de basalto cortadas en porciones apropiadas al objeto, sirven para postes, guardacantones, y hasta para construccion. Tambien suele destinarse, como he visto en Auvernia, para la reparacion de carreteras, aunque para ello no sea el material mas á propósito

por la facilidad con que se descompone. Segun Breislak, en Venecia y Montpeller se empleó como materia primera para la fabricacion de botellas. En estado de descomposicion suministra arcillas, kaolines excelentes, y tierra vegetal de buena calidad para cereales, segun se observa en Almagro, donde llaman negrizales á estos suelos.

Peperino

Así se llama por los italianos una variedad térrea del basalto, resultado de la cementacion por la caliza ó la sílice de las cenizas y lapilli de las erupciones basálticas, ó del resultado de la descomposicion de aquella roca, á cuyos materiales suele agregarse algun fragmento de otras, comunicándole el aspecto de una brecha ó pudinga. Accidentalmente suele ofrecer el peperino hierro oligisto, piróxeno cristalizado, mica, Hauyna, anfigena, etc., y restos orgánicos, vegetales ó animales.

CARACTERES.—Esta roca es de colores mas bien claros que oscuros, predominando el gris amarillento. Su estructura es entre celular y compacta, imitando á veces verdaderos conglomerados. No es muy dura, tallándose fácilmente hasta con el cuchillo.

YACIMIENTO.—Aunque de procedencia volcánica, en cuyas regiones basálticas se encuentra, el peperino suele con frecuencia, segun queda indicado, formar parte de los terrenos terciarios medios, y quizá tambien superiores.

LOCALIDADES.—Se observa en Val di Noto, en Sicilia, en las faldas del Vesubio, y en las cercanías de Roma particularmente. En España se encuentra en Cabo de Gata, Columbretes y Olot.



Fig. 37.—Corte del valle de Militello (Sicilia)

1 Caliza pliocena con *Cardium edule*, y otros fósiles.—2 Basalto columnar.—3 Basalto esferoidal.—4 Capa de lava intercalada

APLICACIONES.—Es esta roca una excelente piedra de construccion, á cuyo uso se destina en Roma y sus alrededores.

Puzolana

ETIMOLOGÍA.—Háse llamado así esta roca por su procedencia de Pozzuolo, junto á Nápoles.

SINONIMIA.—Cemento romano.

DEFINICION.—La puzolana es la parte incoherente formada de arenas y lapilli, de las erupciones basálticas.

CARACTÉRES.—Roca suelta ó incoherente, representada por fragmentos irregulares, generalmente negros, de estructura celular, etc. La composicion es igual á la del basalto, alrededor de cuyas erupciones se encuentra en depósitos mas ó menos considerables.

LOCALIDADES.—Además de la primitiva de Pozzuolo, hay que indicar, Roma, cuyas famosas catacumbas no son mas que grandes excavaciones que se practicaron para extraer la puzolana; la cual se encuentra igualmente en varios puntos del Etna y del Vesubio. En España, el punto mas clásico para esta roca es Gradelles de Santa Pau, en el distrito de Olot, y otros.

APLICACIONES.—El uso de esta sustancia para la preparacion de las cales hidráulicas fué generalizado por los romanos, y aunque todavía sirve para lo mismo, le ha quitado mucha importancia, en estos últimos tiempos, la fabricacion de cales hidráulicas artificiales, merced á los experimentos de Vicat, Kulmann y otros.

Leucitofido

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra se deriva de la estructura porfiroidea que afecta, y de los cristales de leucita que la constituyen.

SINONIMIA.—Anfigenita, pórfido, y lava anfigénica.

DEFINICION.—El leucitofido es una roca del grupo basáltico, formada de una pasta de anfigena y piróxeno, con cristales de ambos, pero en particular de aquella.

CARACTÉRES.—Lo primero que salta á la vista en esta roca es la estructura porfiroidéa, y el contraste así de forma como de color de la leucita, generalmente gris blanquecina, exceptuando una variedad que recogí en la Somma, que es roja, y del piróxeno negro, en prismas mas ó menos caracterizados. La estructura de la masa es entre compacta y celular, y hasta cavernosa á veces: bastante dura y tenaz.

VARIEDADES.—Porfiroidéa por llevar cristales de anfigena (Rocamonfina y Somma); celular, vítrea y escoriácea; labradorífera con cristales de labrador (Rocamonfina y Viterbo); piroxenífera, con cristales de piróxeno augita en su masa (Fossa grande, Vesubio y Rocamonfina); peridotífera con peridoto (Somma y volcanes), etc. Tambien se encuentra un conglomerado anfigénico muy abundante en Rocamonfina y en los volcanes de la Campaña.

YACIMIENTO.—Aunque perteneciente al grupo basáltico por su composicion y relaciones geognósticas, el leucitofido participa ya de muchos caractéres distintivos de las lavas modernas, sobre todo en el modo de presentarse en grandes masas, afectando montañas con verdaderos cráteres, en capas ó corrientes, filones, diques, etc. Los dos puntos mas notables en este concepto son: el volcan ya citado de Rocamonfina, célebre por sus enormes anfigenas, algunas de las cuales alcanzan el tamaño de una naranja, segun puede verse en los de mis colecciones, y la Somma, primitivo volcan, en cuyo cráter apareció en el año 79 de nuestra era, el actual Vesubio. Entrambos á dos ofrecen el modo ó tipo mas acabado de lo que hoy se ha convenido en llamar cráter de erupcion; formado de una llanura limitada por un monte circular ó semicircular, en cuyo centro surgió posteriormente un cono volcánico que levantó y dislocó las capas de aquel. Lo único que los distingue es que en el de Rocamonfina fueron las traquitas las que determinaron el levantamiento, que en el Vesubio fué producido por lavas modernas.

APLICACIONES.—El leucitofido es una excelente piedra de construccion, pudiendo decir que es la principal y casi la única que se emplea para este uso en todos los pueblos inmediatos á estos dos puntos. La mayor parte de los edificios y monumentos de Pompeya están construidos con esta roca.

Además sirve tambien para piedras de molino, á cuyo uso la destinaban ya los habitantes de Pompeya, como tuve ocasion de ver en 1852 y 53.

Tambien esta roca se descompone con facilidad, dando por resultado una tierra vegetal excelente.

Hauynofido

En Monte Vulture, no léjos de Amalfi (Nápoles), se encuentra una roca volcánica muy curiosa por los cristales ó por pequeñas masas azules de Hauyna que salpican la masa, por cuya circunstancia ofrece gran belleza, y ha recibido el nombre de Hauynofido. En las colecciones del gabinete de Historia Natural pueden verse muy hermosos ejemplares traidos por mí.

TERCER GENERO.—LÁVICO

Este género comprende los productos sólidos de los volcanes modernos apagados ó en actividad, y en los azufrales, y se divide en dos especies, á saber: 1.ª lava; 2.ª azufre.

Lava

SINONIMIA.—Escoria volcánica, tefrina, lapilli, etc.

DEFINICION.—La palabra lava, mas que á una composicion determinada, se aplica á todos los productos sólidos de los volcanes modernos. En su composicion figuran varios feldespatos asociados al piróxeno, á la anfígena y á todas las sustancias que indicamos al tratar de las erupciones modernas.

CARACTÉRES.—En general la lava se presenta de estructura compacta, algo celular y hasta cavernosa, segun la posicion que ocupa, lo cual supone la salida mas ó menos rápida de las sustancias gaseosas que contiene. Cuando es celular y cavernosa, si se presenta en pequeños fragmentos irregulares que sobrenadan en el agua, se llaman lapilli, y si el tamaño se reduce mas, llega á constituir grava, arena y ceniza lávica. El color de esta roca suele, por lo comun, ser oscuro, y casi negro á veces; piedra de mucha dureza y tenacidad, etc.

VARIEDADES.—Segun el elemento que en ellas predomina, así se dicen: lava ortósica, como las de Islandia y Vesubio, donde ofrece cristales de riacólita; oligoclásica, como la de Tenerife; por último, las hay tambien labradoritas con piróxeno. En todos estos casos pueden presentarse variedades de estructura, de coloracion, de sustancias accidentales diversas, etc.

YACIMIENTO.—La lava forma todos los volcanes activos y apagados de la época moderna, remontando, tal vez, sus erupciones al último período del terreno terciario.

En dichos centros volcánicos se encuentra la lava en grandes masas, en bombas y lágrimas volcánicas, en cordones á la superficie de las corrientes, y tambien en capas imitando una falsa estratificacion.

LOCALIDADES.—El Vesubio, el Etna, las islas de Santorino, los muchos volcanes de la Auvernia, y en España algunos puntos del Cabo de Gata y del distrito de Olot, son dignos de mencion, entre otros muchos.

APLICACIONES.—La lava es una excelente piedra de construccion, y como tal se emplea en Nápoles, Pompeya, Catania, etc. Tambien se destina para el empedrado, pudiendo asegurar que casi todas las vias romanas, en Italia al menos, están hechas con fragmentos irregulares de esta roca, de la cual la grava y arena puede emplearse tambien como puzolana; su descomposicion da varios productos, que se emplean, particularmente, para la cerámica tosca, y una tierra vegetal tan sumamente feraz, como lo acredita la exuberante vegetacion de los alrededores de Nápoles y del Etna.

Azufre

Como esta roca, representada por el cuerpo simple de este nombre, suele encontrarse con frecuencia en los volcanes activos y en los azufrales, aunque no sea este su único yacimiento, Coquand la coloca en este grupo: con mas razon, quizás, debiera figurar entre los combustibles.

DEFINICION.—El azufre es un cuerpo simple de la naturaleza, cuya coloracion, estructura, formas cristalinas y demás caractéres son sobrado conocidos, y mas bien del dominio de la Mineralogía, que de la Geología.

VARIEDADES.—Compacto, granular, estalactítico, gutular, estratificado, etc.

YACIMIENTO.—Segun queda ya dicho, el azufre no solo se encuentra en las rocas volcánicas de la época moderna, sino muy particularmente en terrenos de sedimento, mayormente en los terciarios, como se nota en muchos puntos de Sicilia, y en España, en Conil, de donde proceden los mejores ejemplares cristalizados que se conocen. En Libros, notable criadero por la abundancia de fósiles convertidos en dicha sustancia; en los alrededores de Lorca, y en las famosas minas de Hellin, donde se halla relacionado con el sulfato de sosa y magnesia y con la dusodila.

APLICACIONES.—Son demasiado conocidas de todo el mundo, para que nos detengamos en enumerarlas.

TERCERA CLASE

Rocas neptúnicas

Así como en las que acabamos de describir, el fuego solo, ó auxiliado de otros agentes, fué el encargado de formarlas, en las que vamos ahora á examinar ha intervenido de una manera muy directa el agua, razon por la cual se las llama neptúnicas y tambien ácueas.

CARACTERES.—Estas rocas se presentan en bancos ó capas sensiblemente paralelas, y ofrecen en su seno restos orgánicos en estado fósil.

DIVISION.—Entre las rocas neptúnicas, las hay que conservan todavía los caractéres de su primitiva formacion, y otras que han experimentado cambios mas ó menos profundos en su esencia ó en sus accidentes exteriores. De aquí la division de esta clase en dos órdenes, á saber: rocas normales y rocas metamórficas.

PRIMER ÓRDEN

Neptúnicas normales

Este órden se divide en dos géneros: en el primero se colocan las de sedimento químico; en el segundo las de sedimento mecánico.

PRIMER GENERO.—DE SEDIMENTO QUIMICO

Llámanse así las rocas de sedimento, cuyos elementos mineralógicos se hallaron primitivamente en disolucion en el

agua, haciéndose despues insolubles en virtud de determinadas reacciones químicas. Este género comprende varias especies.

Caliza

SINONIMIA.—Limestone (inglés), Kalkstein (aleman), creta, toba, travertino, panchina, pizarra caliza, marga, etc.

DEFINICION Y CARACTÉRES.—Las rocas calizas ofrecen diferentes caractéres físicos y exteriores, si bien en el fondo todas reconocen la misma composicion representada por el carbonato de cal, resultado de la combinacion del ácido carbónico con el óxido cálcico, ó sea la cal viva, en la proporcion de dos átomos de aquel por uno de esta.

Las diferencias de aspecto, de estructura, de color, etc., dan márgen al sinnúmero de variedades que de esta roca se admiten hoy dia; pero todas participan de los siguientes caractéres:

1.° La insolubilidad en el agua, á menos de contener un exceso de ácido carbónico; y la solubilidad con efervescencia viva en los ácidos, resultado del desalojamiento del ácido carbónico que se desprende, como en la cerveza y el vino de Champagne, en burbujas abundantes.

2.° La trasformacion en cal viva por la accion del calor.

3.° El peso, que es dos veces mayor que el del agua destilada.

4.° Su escasa dureza que permite las raye la navaja ó el vidrio; siendo despues del yeso y el talco, las sustancias mas blandas que se conocen.

Prescindiendo de los caractéres de presentarse en capas ó estratos ó de llevar fósiles en su seno, pues estos son comunes á toda la clase, y dejando para mas adelante la indicacion de sus numerosas aplicaciones, veamos de qué modo se pueden distribuir sus numerosas variedades para darlas á conocer con método y claridad.

VARIEDADES.—Las variedades de la especie caliza pueden agruparse alrededor de las rocas simples, formadas tan solo de carbonato de cal, ó de las compuestas, que son las que además llevan otra ú otras sustancias que les imprimen carácter. Unas y otras pueden presentarse agregadas, conglomeradas y sueltas ó incoherentes.

CALIZAS SIMPLES AGREGADAS.—Raras veces las rocas calizas se presentan perfectamente puras (1); cuando menos ofrecen alguna materia tintórea que les da el color, ó sustancias bituminosas que les comunican un olor particular.

CALIZA INCRUSTANTE. ALABASTRO CALIZO.—Cuando son del todo puras las calizas, se presentan blancas mas ó menos cristalinas ó mates, y de estructura compacta, terrosa, ó granujienta. La que bajo este punto de vista ocupa el primer lugar es la conocida con los nombres de travertino, toba caliza ó caliza incrustante, resultado de la disolucion del carbonato de cal en las aguas cuando lleva un exceso de ácido carbónico, y de su fijacion alrededor de los objetos que encuentra á su paso.

Cuando esta operacion se verifica en las cavernas, forma esas columnas tan caprichosas que bajo el nombre de estalactitas constituyen el adorno de los subterráneos naturales; las contracolumnas que se depositan en el fondo ó suelo se llaman estalacmitas. De unas y otras procede la roca llamada alabastro calizo, para distinguirlo del yesoso, compuesto de capas ó fajas concéntricas y ondulosas, que constituyen su mejor carácter y belleza. Todos los mármoles que vulgarmente se llaman de fajas ó aguas, son en rigor alabastros calizos: cuando su color es blanco ó amarillento, trasluciente en su masa, y las zonas ó fajas blancas, mate ó de color de miel ó caramelo, reciben el pomposo nombre de alabastro oriental.

OOLITAS Y PISOLITAS.—Cuando el carbonato que llevan disuelto las aguas, en vez de depositarse por filtracion, se agrupa alrededor de una burbuja de aire, grano de arena ó cuerpo orgánico en aquellos puntos en que las aguas están agitadas, se forma primero un núcleo que va engrosando por capas, dando orígen á las oolitas, si los granos son muy pequeños; y á las pisolitas, si son de bastante tamaño y aparentes las capas concéntricas que las forman. La aglutinacion de las oolitas y pisolitas forma una caliza, que se distingue con los nombres de oolítica y pisolítica. Los confites de Tívoli son pisolitas sueltas formadas por las aguas del rio Teverone, en el pueblo de dicho nombre, cerca de Roma, en donde he tenido ocasion de estudiar su formacion: lo mismo que los de la Fuente San Felipe (Toscana): los de Carlsbad, que son de aragonito, y otros muchos. El Sr. Virlet d'Aoust, en una Memoria leida en diciembre de 1857 ante la Sociedad geológica de Francia, acerca de la formacion de las oolitas y masas nodulosas, dice haber presenciado en el lago Texcoco (México) la de la caliza oolítica, debida á la consolidacion ó fijacion del carbonato de cal alrededor de cada uno de los huevos, que en número prodigioso, depositan en el fondo de las aguas la *corixa femorata* y la *notonecta unifasciata*, insectos hemípteros de la tribu de los Notonectídeos. De tan curiosa observacion y de la no menos importante, consignada por Ehrenberg, de que el centro de las oolitas de Alemania é Inglaterra se halla ocupado por infusorios, deduce aquel distinguido geólogo, que se puede explicar por una causa análoga la formacion de estas rocas que tan desarrolladas se hallan en determinados terrenos.

El encontrarse el núcleo de las oolitas unas veces hueco, otras lleno, se explica, segun Virlet, porque en el primer caso, habiendo permanecido el huevo intacto, desapareció despues por reacciones químicas; mientras que habiéndose roto en el segundo, la materia caliza ocupó su lugar, adquiriendo la forma de los objetos que le sirven de núcleo.

INCRUSTACION Y PETRIFICACION.—Aunque solo sea de paso, debemos indicar la diferencia que existe entre lo que se llama incrustacion y petrificacion, pues muy á menudo se confunden, faltando á la exactitud del lenguaje. En la incrustacion, el objeto, sin variar de naturaleza, se cubre de una capa de sustancia caliza ó de otra materia cualquiera; mientras que en la petrificacion ó en el fósil, subsistiendo tan solo la forma, la sustitucion de la materia animal ó vegetal por una sustancia inorgánica es mas ó menos completa.

YACIMIENTO.—De estas variedades de rocas calizas, el alabastro es comun en las cavernas ó grutas; el travertino ó toba, no léjos de las fuentes que llevan el carbonato de cal en disolucion; las oolitas son tan comunes en el terreno jurásico, que todo él, y muy particularmente los pisos de la grande y de la inferior oolita, han merecido este nombre por excelencia. Tambien se encuentran, aunque no tan desarrolladas, en el cretáceo y terciario. Las pisolitas, siquiera menos comunes, se encuentran tambien en el terreno jurásico, en el piso neocómico del cretáceo, y en el terciario; siendo notable el horizonte geognóstico, que por esta razon se llama de la caliza pisolítica en los alrededores de Paris.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—Todas estas rocas son tan abundantes, que me limitaré á indicar algunas localidades de la Península, por el interés que deben inspirar.

La toba caliza existe en las Peñas de Agustina y en la Cueva de las Maravillas (Segorbe): entre la Alcudia y Mo-

(1) La análisis ha demostrado que hasta las calizas consideradas como las mas puras, contienen magnesia en mayor ó menor proporcion.

gente, ferro-carril de Valencia: en Ruidera, Albacete, Valdesotos, Checa, Molina, Guadalajara, Coin y en varios otros puntos. Los alabastros de la provincia de Granada son notables por su belleza. La caliza oolítica se encuentra en Almiruete, cerca de Tamajon, en Rubielos y en otros puntos. La pisolítica en Repli, cerca de Alcaráz, en Ossa de Montiel, en Jérica, etc.

MÁRMOLES.—La caliza simple, agregada con colores ó sin ellos, cuando se presenta compacta, de estructura igual y se presta al pulimento, recibe la denominacion de mármol. Sus variedades son infinitas y la clasificacion muy difícil, pues en cada localidad reciben nombres distintos.

YACIMIENTO.—Los mármoles pertenecen á todos los terrenos; así como respecto á los colores recorren toda la escala de tintas imaginables.

Sin entrar en el exámen detallado de cada uno, pues en último resultado su composicion es idéntica, variando tan solo en las materias tintóreas y en alguno que otro accidente exterior, bastará hacer una indicacion de los mas principales.

PIEDRA LITOGRÁFICA.—Dejando aparte los estatuarios, pues pertenecen con otros al órden segundo ó sea al de las rocas metamórficas; y aunque comunmente no suele darse el nombre de mármol al que vamos á describir, sin embargo, merece colocarse entre ellos por participar de los caractéres que les hemos asignado y por su importancia industrial.

La piedra litográfica es de color variable, por lo comun de tintas claras, amarillentas ó grises, algo sucias; pero lo que principalmente distingue á esta roca importantísima, es la estructura de grano muy fino, algo porosa, que deja penetrar con facilidad en su masa las materias grasas, como la tinta y lápiz, con que se escriben ó trazan en su superficie los dibujos.

YACIMIENTO.—Esta piedra, que con razon se la puede llamar preciosa, atendida la importancia de sus aplicaciones, se encuentra en los terrenos jurásico y cretáceo; siendo un excelente indicio para encontrarla la presencia de capas de arcillas y margas, alternando con las calizas en grandes bancos, supuesto que participa algun tanto de la naturaleza arcillosa, como es fácil advertir por el olor terroso que despide cuando se le aplica el aliento. Bien merece estos detalles y noticias indagatorias una piedra cuyas aplicaciones, resumidas en su propio nombre, son de tal importancia, que el hallar una cantera de buena calidad, equivaldria á la mejor mina de metales preciosos.

LOCALIDADES.—La mejor y mas apreciada en el comercio es la de Pappenheim (Baviera) perteneciente al terreno jurásico. En Francia se conocen algunas localidades; y en España, en las Provincias Vascongadas está en explotacion en el monte Jaitzguibel, jurisdiccion de Fuenterrabía (Guipúzcoa), tambien en el terreno jurásico: en Monte Ulia ó Sierra de Miral, entre Pasajes y San Sebastian, en el llamado Garato cerca de Guetaria, en Mullavia y Maruclas, entre Bilbao y Munguía; en Avilés (Asturias); en la Sierra de las Culebrinas, cerca de Lorca, segun el Sr. Guirao; al oeste de Briviesca y en Alhama de Aragon, de donde he visto muy buenos ejemplares que ensayó con éxito en Madrid el litógrafo Bachiller: en Alcalá de la Selva, y en muchos puntos del terreno cretáceo de Castellon, es comun esta piedra, si bien de calidad inferior.

MÁRMOL NEGRO CARBONÍFERO.—Entre los que propiamente se llaman mármoles, es notable el negro manchado de blanco por los cortes de conchas y otros fósiles que encierra, correspondiente al terreno del carbon de piedra: razon por la cual se llama tambien mármol carbonífero. Dos cosas lo distinguen, á saber: el color negro y el olor aromático, debido uno y otro á los principios carbónicos y bituminosos que encierra.

YACIMIENTO Y LOCALIDADES.—Propio del terreno de su mismo nombre, es comun en todos los distritos de carbon de piedra; pero los mas estimados para objetos de adorno, como mesas, lápidas, chimeneas, etc., son los de la provincia del Hainaut, en Bélgica.

MÁRMOL LUMAQUELA.—Algunas veces los fragmentos de conchas y otros fósiles forman, por decirlo así, la parte principal de la masa; en cuyo caso el mármol se llama Lumaquela, nombre usado por primera vez por los canteros italianos y admitido en el lenguaje científico; de hermoso efecto cuando se talla y pulimenta, pues la variada posicion de los fósiles da orígen á mil caprichos que se destacan del fondo de color uniforme, que corresponde al cemento que los aglutina. A veces las conchas han conservado el nácar y brillo natural, y entonces la Lumaquela se llama noble.

YACIMIENTO.—Este mármol es muy comun en los terrenos jurásico y cretáceo de Inglaterra, abundando no poco en España. El mármol ammonitífero de Cabra pertenece al primero, y al segundo ó cretáceo muchos de la provincia de Castellon, sobre todo en Alcalá de Chisvert, Morella, etc.

MÁRMOLES BLANCOS.—Tambien entre los no metamórficos existen mármoles blancos de estructura compacta, á veces arenosa y hasta cristalina, producto de precipitacion química.

En el reino de Valencia son muy comunes estos mármoles en el terreno cretáceo; y adquieren en muchos puntos gran desarrollo.

Cuando las calizas se componen de nódulos, tubérculos ó fragmentos de la misma naturaleza, reunidos ó aglutinados por un cemento calizo, reciben el nombre de rocas conglomeradas.

CALIZAS SIMPLES CONGLOMERADAS.—La primera de estas es el mármol tuberculoso, que se distingue por sus glóbulos, que son cilíndricos, en vez de esféricos como en los pisolíticos.

BROCATELA.—Cuando estos glóbulos ó tubérculos son irregulares é incompletos, y se presentan penetrándose mutuamente, el mármol se llama Brocatela; sumamente agradable á la vista despues de pulimentado, y del cual somos casi los únicos poseedores en las canteras de las inmediaciones de Tortosa, pertenecientes al terreno cretáceo. La cantidad anual de explotacion y exportacion de este mármol en la indicada localidad es muy respetable.

MÁRMOL EN BRECHA.—Cuando en vez de los tubérculos ó nódulos, la piedra se compone de fragmentos angulosos y desiguales reunidos por un cemento cualquiera, se llama mármol en brecha, de muy buen efecto, sobre todo cuando los fragmentos no son desmesurados y reunen un variado juego de colores, destacándose de un fondo uniforme.

MÁRMOL PUDINGA.—Cuando en vez de ser angulosos los fragmentos son redondeados, como pequeñas chinas ó guijarros, el mármol recibe el nombre de pudinga ó almendrilla.

YACIMIENTO.—Las dos especies anteriores son muy comunes y forman bancos de gran espesor en los terrenos cretáceos de la provincia de Castellon, y muy particularmente en la costa desde Peñíscola hasta Torreblanca, pasando frecuentemente á la lumaquela y presentando señales evidentes de su destruccion por las aguas del mar.

CRETA.—La creta es una piedra caliza, unas veces simple, otras mezclada con algo de arena, sílice, arcilla ó fragmentos pequeños de fósiles; blanca por lo comun; algo áspera

al tacto, friable; de estructura pulverulenta y deleznable, pudiendo considerarla como la caliza terrosa por excelencia: tizna los dedos, se pega un poco á los labios cuando contiene arcilla; y se presenta en capas de gran espesor en diferentes terrenos, pero en especial en el que se designa por su predominio con el nombre de cretácea.

Al tratar de este período geológico, veremos cuáles son los caractéres particulares que lo distinguen de los demás, fundados principalmente en la presencia de nódulos ó riñones de pedernal alternando con capas de caliza.

La *creta* se deja embeber, y hasta se deslie casi completamente en el agua.

Observada al microscopio, esta roca importantísima aparece formada, segun Ehrenberg, de una parte cristalina esencialmente mineral, y de otra orgánica compuesta de la acumulacion de despojos de animales microscópicos, llamados foraminíferos, pertenecientes á las familias de los politalámicos y nautilitidos, de una pequeñez tal, que se calcula que 500 gramos de creta contienen 10 millones de individuos. Si se reflexiona que hay depósitos de creta de mas de 300 metros de espesor, se tendrá una idea del número incalculable de estos séres invisibles á la simple vista, y del poder del organismo en determinadas épocas de la historia del globo.

YACIMIENTO.—En estado de verdadera creta se presenta, y la he visto en capas muy considerables, en Meudon (alrededores de Paris): en el territorio de la Champagne, en donde se cultiva la vid que suministra el excelente vino de este nombre; en la costa de Stevensklint (Dinamarca): en Rusia, esta roca blanca y manchadiza forma parte del terreno carbonífero.

En España, aunque no es comun, se la ve en los Pirineos, en la provincia de Castellon, San Sebastian y en otras localidades, pertenecientes al terreno de su mismo nombre.

APLICACIONES.—Prescindiendo de los tránsitos insensibles de esta roca á la caliza compacta, propia para la construccion, la creta se destina á muchos usos de la mayor importancia. Pulverizada y tamizada, se emplea para limpiar los metales, en especial los utensilios de plata y cobre, y tambien los objetos de cristal. Pero tanto para este como para otros usos, se prefiere tomarla preparada; en cuyo caso se la conoce, sin saber porqué, con el nombre de blanco de España. Esta preparacion se verifica triturándola y desliéndola primero en el agua, dejándola reposar despues para que vayan al fondo las partes mas bastas; luego se decanta el líquido que arrastra las partículas mas finas: se repite dos ó tres veces la operacion, segun el grado de tenuidad que se desea; se deja secar por evaporacion; y cuando la pasta ofrece cierto grado de consistencia, se le da, por medio de moldes, la forma que se quiere, conforme al objeto á que se la destina. En este estado se emplea para escribir en los encerados; para dibujar y hacer demostraciones en las cátedras; en la pintura al temple, y como base para el pastel; para el vaciado en la escultura, en las molduras doradas y para infinidad de otros usos.

Los tres grandes centros de explotacion y preparacion de esta sustancia en Europa, son: Meudon, en los alrededores de Paris, la Champagne en Francia, y Stevensklint en Dinamarca.

CALIZA BASTA.—La caliza basta es una especie de conglomerado de fragmentos de todas formas y tamaños de conchas, zoófitos y otros fósiles, al parecer reunidos por un cemento calizo. Roca de aspecto poroso, bastante tierna y fácil de labrar cuando sale de la cantera; pero que despues se endurece convirtiéndose en una excelente piedra de construccion. Todos los edificios de Paris están construidos con esta piedra, á la que en rigor, á lo menos para aquella localidad, debia darse el nombre de preciosa.

La estructura porosa la distingue del mármol *lumaquela*, que es compacto.

YACIMIENTO Y LOCALIDADES.—La caliza basta se presenta en bancos de grande extension, no solo en los terrenos terciarios, como en Paris, que tiene su asiento sobre esta roca, sino tambien en los cretáceos superiores, como en Maestricht, Holanda y en otros puntos.

ROCAS CALIZAS COMPUESTAS.—En rigor, raras veces las rocas calizas se presentan puras; siendo lo comun verse mezclados sus elementos con sustancias diversas, dando esto orígen á rocas diferentes de las descritas hasta aquí.

CALIZA SILÍCEA.—Una de las mas comunes entre las compuestas es la llamada caliza silícea, efecto de la penetracion en su masa de una cantidad mayor ó menor de sílice, circunstancia que le da un aspecto mate; la estructura se hace mas compacta, y la roca adquiere tanta dureza, que da chispas con el eslabon. Esto y el no hacer efervescencia tan viva cuando se la ataca por ácidos, y el dejar un resíduo silíceo tratada por estos, son los caractéres que la distinguen de las demás.

La mayor parte de las calizas llamadas lacustres por su procedencia, pertenecen á esta especie; reconociéndose su orígen por la naturaleza de los fósiles, que son muy distintos de los de capas marinas, segun veremos mas adelante.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—En el extranjero esta caliza es comun, y se la puede ver en todo el territorio de la Brie, de donde procede el rico queso así llamado; en Beaulieu, cerca de Aix, en Gergovia (Auvernia), y en otros muchos.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—La mayor parte de las calizas lacustres terciarias de las dos Castillas, en particular la famosa de Colmenar Viejo, lo mismo que la de Carratraca y alrededores de Málaga, y otros mil puntos, son mas ó menos silíceas.

Es muy comun en las calizas silíceas, sobre todo en las lacustres, encontrar convertidos en sílice hasta los fósiles mismos, así animales como hojas y troncos de plantas, como he visto y recogido ejemplares en los terrenos terciarios de la Auvernia y en los alrededores de Paris.

MÁRMOL RUINIFORME.—No tan abundante como la variedad anterior, pero tanto ó mas curiosa, es la que se conoce con el nombre de mármol en ruinas; que consiste en una caliza algun tanto arcillosa, que se ha dejado penetrar por una materia ferruginosa á través de las hendiduras que ofrece su estructura; materia que con sus diversas tintas comunica un aspecto tan irregular á la roca, que cuando se corta en lajas, imita todos los dibujos de un edificio, ó una ciudad en ruinas ó incendiada.

YACIMIENTO Y LOCALIDAD.—Este mármol se encuentra en el terreno cretáceo; y por ahora casi su única patria es la Toscana, no léjos de Florencia, en donde se labra y vende á muy buen precio, pues es piedra estimada por el caprichoso efecto de sus dibujos.

MÁRMOL ROJO ANTIGUO.—El célebre mármol rojo antiguo, tan apreciado de los romanos por la uniformidad y belleza de sus vivos colores, y del cual nos han legado objetos tan preciosos como los faunos que se conservan en los museos del Capitolio y Vaticano en Roma, es una roca caliza mezclada en determinadas proporciones con pizarra teñida de color de carne bastante subido tirando al de la púrpura, á veces muy oscuro. El grano de la piedra es fino, el color no siempre uniforme, notándose á veces manchas blanquecinas, y mas comunmente ciertas líneas negras, on-

dulosas y reticulares tan sumamente delgadas, que con frecuencia se hacen invisibles.

YACIMIENTO.—Lo singular es que se ignore completamente el punto de donde sacaron los antiguos una piedra tan admirable. La indicacion vaga que hace Plinio de que procedia de las inmediaciones de Alabanda, en el Asia Menor, se refiere mas bien al mármol llamado alabandico, tambien muy estimado por los romanos.

El Sr. Guirao dice que cerca de Lorca existe este mármol, con el que se han labrado pilas para las iglesias y otros objetos preciosos: observacion que apunto con algo de desconfianza, sin que mi ánimo sea ofender en lo mas mínimo á un profesor tan distinguido.

CALIZA ARCILLOSA.—Propio es del carácter verdaderamente encantador del estudio de la Geología, el tener que tratar de sustancias útiles á continuacion de materias curiosas; por esto despues del mármol rojo antiguo sigue la caliza arcillosa, que es una mezcla de carbonato de cal y arcilla, roca de grande importancia por sus numerosas y útiles aplicaciones.

Esta roca puede contener hasta un tercio ó un cuarto de su masa de arcilla; cuando excede de esta cantidad, es decir, cuando el carbonato no es el elemento principal de su composicion, constituye la marga, no menos importante que la caliza arcillosa.

El tipo de esta variedad se reconoce fácilmente por el aspecto mate y terroso que afecta; por sus tintas claras en general; por despedir un olor arcilloso muy pronunciado cuando se le echa el aliento; por pegarse á la lengua y labios, y por no ser tan viva la efervescencia tratada por los ácidos, dejando un resíduo mas ó menos abundante.

La proporcion de sus elementos se apreciará casi siempre con facilidad, disolviendo la roca en algun ácido fuerte, y pesando el resíduo, que será arcilloso y á veces tambien arenoso.

YACIMIENTO.—Esta roca es bastante comun en el terreno jurásico, en especial en el piso llamado Lias, en el cretáceo y terciario; y suministra una cal hidráulica excelente. El famoso cemento de Vassy en la Borgoña (Francia) es una caliza arcillosa del lias, por cierto muy rica en fósiles convertidos en pirita de hierro, que he visto y recogido.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—En Tarragona, Logroño, San Sebastian y en otros puntos de la Península se encuentra en abundancia esta roca. La de San Sebastian contiene hasta un 23 por 100 de arcilla, de consiguiente es muy hidráulica; pertenece al cretáceo. En las inmediaciones de Bilbao, junto á las ruinas del convento de San Agustin, se encuentra formando parte del lias una caliza arcillosa azul, muy parecida á la de Vassy, que á juzgar por el análisis que practicó y publicó el Sr. Collette en su *Reconocimiento geognóstico del Señorío de Vizcaya*, pertenece al cemento límite superior del Sr. Vicat.

Hé aquí su composicion:

Carbonato de cal. . .	40,17
Carbonato ferroso. . .	6,14
Arcilla.	53,69
	100,00

El siguiente cuadro de las calizas hidráulicas descritas por el Sr. Collette en la Memoria citada, dará una idea de la importancia que esta roca alcanza en dicho territorio.

LOCALIDADES	COLOR Y ESTRUCTURA	Sobre 100 partes, cantidad de arcilla	Sobre 100 partes, cantidad de carbonato ferroso	CLASIFICACION DE LAS CALES
San Sebastian..	Amarillo verdoso; compacta. . .	26,11	»	Cemento límite inferior
Convento de S. Agustin (Bilbao).	Azul oscuro; compacta micácea. .	53,09	6,11	Cemento límite superior
Algorta (algo al S. de). . . .	Gris oscuro; subgranosa. . . .	41,81	»	Cemento ordinario
Maruelas.	Gris claro; muy compacta. . . .	6,32	vestigios	Poco hidráulica
Idem.	Gris claro; compacta.	54,90	4,38	Cemento límite superior
Saracho.	Gris azul; compacta.	17,60	»	Hidráulica
Peña de Orduña.	Gris pardo claro; compacta. . .	13,00	vestigios	Hidráulica
Zornoza.	Gris azulado; compacta. . . .	26,30	2,49	Cemento límite inferior

Yeso-cemento.—Cemento romano

Algunas calizas gozan de la propiedad, debida á la notable proporcion de arcilla que contienen, de proporcionar por la calcinacion una cal que no se deshace, y que hay que pulverizarla como el yeso para amasarla, fraguando en el agua sin la intervencion de otra materia. Estas rocas han recibido los nombres de yeso-cemento, cemento, y cemento romano.

Una vez conocida la razon de la hidraulicidad de ciertas cales, y explicadas satisfactoriamente, á beneficio de los recientes progresos de la Química, las reacciones que se verifican y que dan por resultado su endurecimiento en el agua y en los sitios húmedos, era fácil adivinar que no se tardaria mucho en poner á contribucion estos conocimientos para procurarse artificialmente una sustancia tan importante, realizando así no solo la mayor facilidad, pues no en todas partes se encuentran calizas hidráulicas, sino tambien una notabilísima economía. Este feliz pensamiento lo realizó el señor Vicat, llegando á obtener cementos superiores á los romanos por medio de una mezcla en proporciones determinadas de creta y arcilla, ó de cal viva y arcilla.

El procedimiento que se emplea para esto es el siguiente: primero se deslien las dos sustancias reduciéndolas á una pasta muy fina por medio de muelas ó cilindros; se deja secar la mezcla, formando despues panes ó ladrillos que se someten á una temperatura lenta y bien sostenida, á fin de que se verifique el desalojamiento del ácido carbónico por una parte, y del agua de la arcilla por otra. De este modo se prepara la combinacion entre la sílice y alúmina, de esta con el óxido de calcio ó la cal viva, que es lo que constituye el verdadero cemento. Las ventajas y economía de esta fabricacion artificial de los cementos son tan grandes, que no es difícil comprenderlas.

1.° Las cales grasas son en general puras.

2.° Las secas no hidráulicas, deben su carácter á una cantidad notable de arena ó magnesia que entra en su composicion.

3.° Las medianamente hidráulicas contienen de 10 á 15 por ciento de arcilla.

4.° La sílice puede formar con la cal una combinacion muy hidráulica.

5.° Las cales eminentemente hidráulicas contienen una proporcion de arcilla que llega hasta 36 por ciento.

Y 6.° A medida que la cantidad de arcilla aumenta, crece tambien la propiedad de endurecerse; pudiendo citar en confirmacion el cemento romano de Inglaterra, que contiene de 50 á 56 por ciento de esta sustancia, y fragua tan instantáneamente como el yeso.

El siguiente cuadro aclarará mas la materia:

SUSTANCIAS CONSTITUTIVAS	Tipo de las cales medianamente hidráulicas	Tipo de las cales hidráulicas ordinarias	Tipo de las cales eminentemente hidráulicas	Tipo de los cementos ordinarios	Tipo de los cementos límites superiores	Tipo del principio de las puzolanas
En su estado natural						
Carbonato de cal	89	83	80	64	39	16,40
Arcilla. . . .	11	17	20	36	61	83,60
	100	100	100	100	100	100,00
Despues de cocidas						
Cal viva. . . .	100	100	100	100	100	100
Arcilla combin.ª	22	36	44	100	273	900
						No combinada

Rocas calizas sueltas ó incoherentes. — Para terminar todo lo relativo á las rocas calizas, resta tan solo decir algo acerca de las que se presentan en estado suelto ó incoherente. Los guijarros, la grava, las arenas y hasta el polvo, resultado de la descomposicion y trituracion mas ó menos avanzada de estas rocas, deben comprenderse en este artículo: su conocimiento es de la mayor importancia para el agricultor, pues en este estado las rocas calizas forman la base de la mayor parte de las tierras vegetales.

Falun. — Entre estas rocas, la primera, por la importancia de sus aplicaciones, es el falun. Esta roca consiste en una mezcla de arenas calizas y fragmentos de conchas y zoófitos fósiles, generalmente sueltos y sin trabazon alguna; á veces, sin embargo, estos elementos se hallan aglutinados por un cemento calizo ó silíceo, dando á la roca el aspecto de un asperon mixto de granos de caliza con restos de séres orgánicos.

Esta roca es tan abundante en los terrenos terciarios medios y superiores, que, como veremos mas adelante, llega á constituir varios pisos característicos de este período geológico.

En Francia ocupa vastas comarcas en la Turena y en Burdeos, en donde la he visto y estudiado: en los alrededores de Montpeller, en Dax, Mont de Marsan y otros puntos se halla tambien muy desarrollada.

Los restos fósiles de moluscos, equinodermos y hasta de mamíferos abundan mucho en el falun, lo cual da á esta roca gran valor científico.

Aplicaciones.— En los distritos citados del vecino país se hace de esta roca una aplicacion tan general y de tanta utilidad para mejorar las tierras arcillosas y arenáceas, que se encuentran á millares las explotaciones conocidas con el nombre de faluneras, en las que por cierto es poco costosa la extraccion, no solo por el estado incoherente de la roca, sino tambien por hallarse muchas veces á flor de tierra.

El falun puede considerarse como una especie de aluvion ó depósito litoral de la época terciaria, cuyas excelentes propiedades como mejoramiento y abono, son debidas á la cantidad de materias orgánicas, y particularmente al fosfato de cal y otras sustancias procedentes de los séres que vivieron en su seno. Cuando consideremos al falun como terreno se darán mas detalles, ya que tan grande es la importancia de sus aplicaciones.

Crag.—El crag (palabra local inglesa) es una roca análoga al falun, con la diferencia de ser de grano mas fino, mas rico en general en fosfatos, y hallarse en ella mas triturados los fósiles. Es muy abundante en Norwich y en el condado de Suffolk (Inglaterra), y en Holanda, en donde se le da la misma aplicacion que á la variedad anterior.

Tanga. — Tambien deben referirse á las rocas calizas los bancos de madréporas y conchas diversas en estado de trituracion mas ó menos avanzada, ya vivas, ya fósiles, sueltas ó aglomeradas que con tanta frecuencia se encuentran en las costas. En las de Bretaña y la Vendée llaman *tangue* (1) á estos materiales, y los utilizan con gran éxito para mejorar y abonar las tierras, en particular las arenosas y sueltas, ó las llamadas flojas. En varios puntos de Galicia y Asturias tambien se observa esta roca curiosa; pero, á pesar del consejo que dió en la descripcion de aquella el señor Schulz, no la utilizan sus habitantes; y eso que en muchos puntos hasta carecen de cal para la construccion.

Yacimiento y relaciones geognósticas de las rocas calizas en general.—Terminada la descripcion de las principales variedades de la especie caliza, creo será oportuno resumir en breves palabras el orígen y funcion que desempeña en los diferentes terrenos de sedimento y sus aplicaciones.

Los autores no están todavía acordes respecto al orígen de las calizas; suponen unos que las aguas de los primitivos océanos llevaban en disolucion cloruro de calcio, el cual, en presencia del carbonato de sosa de los primitivos manantiales, determinó una doble reaccion, dando por resultado cloruro de sodio que quedó disuelto en las aguas, y carbonato cálcico que fué precipitado. Creen otros que la caliza procede directamente del interior del globo por manantiales análogos á los que producen hoy la toba y el travertino.

Encontrando mi distinguido amigo, el geólogo D. José Landerer de Tortosa, dificultades, á su parecer, insuperables en estas dos teorías, ha inventado una nueva, expuesta en un folleto publicado en Barcelona en 1875, la cual consiste en suponer á la caliza primitiva como roca hidrotermal á la manera del granito, formándose por la salida del óxido de calcio del interior del globo, y por su combinacion con el ácido carbónico, que supone se hallaba entonces acumulado en las capas inferiores atmosféricas y disuelto en el agua; quedando en disolucion en el mar ó precipitada en estado sólido, segun que el ácido estuviera neutralizado ó en exceso. ¿No podria tambien ser hija esta sustancia de la descomposicion de los feldespatos que formaban parte de los granitos primitivos por un procedimiento análogo ó igual al que vemos hoy, y que dió por resultado la formacion de las pizarras y de las calizas cristalinas en ellas intercaladas? Creo que para darse razon del orígen de esta roca conviene admitir todas estas explicaciones. El hecho importante, y que conviene consignar, es la singular coincidencia entre la

(1) Los italianos la llaman *tanga*, expresion que pudiera adoptarse en nuestro idioma.

aparicion de las primeras calizas y de la vida en el globo, aumentando la importancia de aquella con el desarrollo de los séres orgánicos.

Las calizas que existen como elemento subordinado en las pizarras cristalinas son metamórficas, y como á tales las describiremos en el segundo órden de rocas de sedimento. Las calizas normales empiezan de consiguiente en el silúrico, representadas por las llamadas de Wenlock y Dudley en Inglaterra, por las de Beraun y Koniepruss en Bohemia, la de Mai, Francia, etc.

El terreno devónico posee enormes bancos de caliza, generalmente rica en restos orgánicos característicos, como se ve en Campan, Sarancolin y otros puntos de los Pirineos: en Asturias, Leon y otras comarcas de la Península.

La caliza carbonífera, ó de montaña por otro nombre, forma estratos de mucho espesor en la base del terreno carbonífero, Bélgica, Asturias, Belmez y Espiel, etc.

El terreno pérmico contiene las conocidas con el nombre de Zechstein, generalmente grises ó negruzcas, y fétidas lo mismo que las anteriores: las de Rodez y Alboy (Aveyron) pertenecen á este horizonte. En la Península no se ha reconocido todavía de un modo auténtico este terreno.

En los terrenos secundarios adquiere aun mas importancia el elemento calizo.

El Muschelkalk ó caliza conchífera, muy desarrollada en algunos puntos, la representa en el período triásico; siendo precisamente la roca mas característica del terreno por la abundancia con que se presentan en ella los fósiles. En Mora de Ebro, Carlet, Jarafuel, etc., adquiere esta caliza gran importancia; siendo notables los dos primeros por haber encontrado fósiles, que son raros en este terreno en la Península.

El período jurásico ofrece poderosos bancos de caliza en todos sus pisos, representada por la de Grifeas y Belemnites en el Lias: por la oolítica en los que por excelencia se llaman Oolita inferior y grande Oolita; por numerosos lechos de lumaquelas en el Coralrag; por calizas compactas y tambien oolíticas en los pisos portlándico y kimerígdico, y por mármoles, en parte lacustres, y tambien marinos, en lo que se llama piso de Purbeck. Todas estas calizas, si exceptuamos las últimas, se hallan muy desarrolladas en las provincias de Castellon (Segorbe, Bejís, el Toro); de Teruel (Sarrion, Albarracin, Molina); de Córdoba (Cabra); de Santander, Palencia, etc.

Casi puede asegurarse que la caliza se halla mas desarrollada todavía en el terreno cretáceo, pues desde los pisos weáldico y neocómico que forman la base, hasta la creta superior, este es el elemento que predomina; ora como caliza simple en los bancos de los dos primeros y en la creta blanca, ora mezclada con otros elementos, y particularmente con el silicato de hierro, constituyendo la llamada creta verde, glauconia y creta tufó. Todas estas calizas, especialmente las de los pisos neocómico, creta verde y tufó, son muy abundantes en España, en las provincias de Castellon, Teruel, Tarragona, Valencia y Murcia.

El terreno cretáceo termina por arriba con la caliza pisolítica que ha dado márgen á tanta discusion, y que por ahora ignoro se haya encontrado en nuestro suelo.

En los terrenos terciarios tambien se encuentra la caliza, unas veces lacustre, como la de ambas Castillas; otras marina, como se ve mejor que en parte alguna en Paris y sus alrededores. Además de estas variedades compactas, ofrece este terreno las sueltas ó incoherentes, representadas por el falun, el crag y otras.

Por último, hasta en la época actual se encuentra y se forma de continuo este elemento mineralógico, representado no solo por la caliza incrustante con todas sus variedades, sino hasta en las costas de los mares, en cuyo caso la roca se llama Panchina, y puede verse cerca de Barcelona, y en los bordes de los lagos y rios. Además de los ejemplos que podríamos citar de la Guadalupe, islas de Ceilan y otras, el señor Coquand dice haber observado la formacion de la caliza en las lagunas que existen entre Ceuta y Tetuan, separadas del Mediterráneo por los médanos.

ORÍGEN DE LA CALIZA. — Los geólogos consideran á las rocas calizas como resultado: 1.° del bicarbonato que llevan en disolucion los manantiales; 2.° de la acumulacion y detritus de conchas marinas; y 3.° de la descomposicion así de las rocas primitivas, como de las eruptivas y volcánicas. A estas procedencias de las calizas agrega Cordier el resultado de la descomposicion de los cloruros de calcio y magnesio que desde *ab initio* se encuentran en cantidades considerables en los Océanos. Esta descomposicion, cuyo resultado fué el depósito químico de las calizas y Dolomias, hubo de verificarse en el principio de la época sedimentaria, determinada por intermedio de carbonatos de sosa y de potasa en pequeña cantidad. El Dr. Vezian cree que no se necesita la intervencion de estas dos bases, y que bastaria que los carbonatos arrastrados por las aguas fueran de cal.

Silex

SINONIMIA.—Pedernal, piedra de chispa, silex molar, moleña, menilita, ftanita, jaspe, piedra de Lidia, piedra de toque, silex resinita, geiserita, trípoli, etc.

DEFINICION.—Roca compuesta esencialmente de cuarzo amorfo, mezclado á menudo con arcilla y óxidos de hierro, sustancias que le quitan su natural trasparencia.

VARIEDADES.—Piromaco ó piedra de chispa; jaspe de tintas varias; silex-molar ó moleña, de estructura cavernosa irregular; trípoli, variedad compuesta de silex térreo fino y poroso; resinita, y tambien menilita, de aspecto céreo algo craso por la cantidad de agua que contiene; geiserita ó silex termógeno, variedad concrecional é incrustante producida por los geiseres, etc.

YACIMIENTO.—Cada una de las indicadas variedades ofrece condiciones diferentes de yacimiento y relaciones geognósticas.

El pedernal ó piedra de chispa, una de las mas comunes, se encuentra en capas interrumpidas é irregulares y tambien en nódulos sueltos, en la mayor parte de los terrenos primarios, secundarios y terciarios. La caliza carbonífera de Bélgica lleva nódulos silíceos, que he visto y traido. En el jurásico medio ú oxfórdico es tan comun en algunos puntos de la cordillera del Jura, que constituye un horizonte geognóstico llamado piso de nódulos silíceos (*chailles* en francés, *chers* en inglés): en la arenisca verde y creta tufó, y mas particularmente en la blanca, se presenta en capas interrumpidas y en nódulos, alternando de un modo bastante regular con las de la creta; en el terreno terciario tambien se encuentra esta variedad en masas mas ó menos irregulares, debiendo citar á Vallecas y Vicálvaro como los puntos mas notables en España; de ellos se surte la capital para el empedrado, preferible, por cierto, á los adoquines de granito. La mayor parte de los nódulos de pedernal llevan restos orgánicos convertidos en sílice, observándose algunas veces en su interior á manera de núcleo; de donde han deducido algunos que efectivamente han hecho los fósiles este oficio; y que ora procediese de fuentes minero-termales ó de geiseres parecidos á los actuales de Islandia, como creen unos; bien fuese resultado de la trasformacion de la sílice disuelta de los foraminíferos que han dado orígen á muchas rocas de sedimento, y principalmente á la creta, como opinan otros con

Ehrenberg, la materia silícea se agrupó á su alrededor determinando las formas caprichosas que ofrecen.

En cuanto á los jaspes, tambien se presentan de una manera análoga en los terrenos secundarios y terciarios. Los del Lias de Campiglia, Suvereto y otros puntos de la Toscana, subordinados á lo que los italianos llaman calcáreo rosso ammonitífero, pueden presentarse como ejemplo de los primeros; y los que se hallan intercalados en las arcillas superiores de Chantressac (Departamento de la Charente, Francia) son terciarios superiores. Muchos pertenecen á tiempos posteriores, como los de Egipto. Algunos son resultado del metamorfismo, segun veremos mas adelante.

Los jaspes ofrecen tintas muy diversas, amarillentas, rojizas y hasta negras; estos merecen el nombre de piedra de toque ó de Lidia, y su coloracion se cree ser debida á una cantidad bastante notable de carbon que se interpone en su masa.

La moleña ó silex molar se encuentra en masas irregulares, afectando, aunque con poca regularidad, la estratificacion entre capas de arcillas pertenecientes á los terrenos terciarios. La estructura de esta roca es, como hemos indicado, celular y cavernosa; hallándose las células y cavernas ocupadas por arcilla mas ó menos endurecida. La formacion de la moleña ha dado mucho que discurrir á los geólogos; entre los cuales unos opinan, que es debida á la precipitacion de la sílice procedente de fuentes termales en aguas de poco fondo y bastante agitadas; otros adoptan el parecer de Brongniart, que explicaba la estructura y demás circunstancias de esta roca por la reaccion que las aguas ácidas ejercieron sobre los bancos de caliza, cuyo esqueleto ó armazon representa la que nos ocupa; hay, por fin, quien cree, con Prevost y Hebert, que la piedra moleña ha sido formada por un procedimiento análogo al que emplea hoy la Naturaleza en la formacion de la geiserita.

La menilita, llamada así por su procedencia de Menilmontant (Paris), y cuarzo resinoso ó resinita por su aspecto, se encuentra en nódulos concrecionados en las arcillas terciarias medias y en el travertino, de cuya naturaleza participa tambien. En algunos puntos de los alrededores de Paris, como en Saint-Denis y Saint-Ouen, esta variedad de cuarzo ha sufrido una alteracion particular, en virtud de la cual sobrenada en el agua; por cuya razon se llama silex néctico.

El trípoli verdadero y todo lo que se emplea como tal, lo mismo que la harina fósil de algunos autores, no es mas que sílice en estado pulverulento; resultado, casi siempre, de la alteracion de animales infusorios, ó mejor foraminíferos, que bajo otras condiciones constituyeron el silex de la creta, segun consta de las observaciones de Ehrenberg y otros. Como ejemplos de este trípoli de orígen orgánico, podemos citar el de Bilin (Bohemia), el mas famoso de todos; el de Oberohe (Hanover); el de Mont Charray (Departamento del Ardeche); de Randau (Puy de Dome) y otros. Pero tambien hay trípolis de sedimento químico, ora se conserven en su estado primitivo de formacion, ora hayan sufrido alguna alteracion posterior por la influencia de las rocas ígneas. Existen, de consiguiente, trípolis de orígen orgánico, trípolis de sedimento normal y trípolis metamórficos. Estos últimos suelen ser arcillas profundamente alteradas por el calor de alguna roca ígnea, y tambien por el incendio espontáneo de alguna mina de carbon, como se observa en Planitz (Sajonia) y en otros puntos.

Esta variedad de la especie silex se encuentra en casi toda la serie de terrenos de sedimento desde los paleozóicos, y en especial desde el carbonífero, hasta los terciarios, como se ve por ejemplo, en Nanteuil (Departamento de Charente). Unas veces se presenta en capas de estructura pizarrosa, de aspecto mate y terroso y es el verdadero trípoli; otras en forma de polvo muy fino, casi impalpable, y es la harina fósil, intercalada entre los estratos de otras rocas mas ó menos alteradas.

Por último, el silex termógeno ó geiserita se encuentra en Islandia en masas concrecionadas de un color blanco gris, y á veces algo rojizo; su estructura es celular y testácea; revistiendo con frecuencia, á la manera de la caliza incrustante, á los objetos que encuentra á su paso.

La produccion de la sílice en los geiseres actuales es de la mayor importancia; pues nos ilustra acerca del procedimiento que la naturaleza ha puesto en juego, en casi todos los períodos geológicos, para la formacion de esta sustancia tan principal en la constitucion física del globo. Tal vez la mayor parte de los jaspes, y en particular los que se presentan estratificados, deben su orígen á una sedimentacion química de la sílice, análoga, si no idéntica, á la de la geiserita actual.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—El silex es piedra muy comun en todas sus variedades; el pedernal se encuentra en Meudon y Montmartre cerca de Paris, en Aix, Chantressac y otros puntos de Francia: el jaspe en Campiglia é isla de Elba (Toscana), en el golfo de la Spezia y en Chantressac (Francia): el trípoli en Bilin (Bohemia), Planitz (Sajonia), Santa Fiora (Toscana), en Nanteuil, Bartras y otros puntos: la moleña es característica del territorio llamado la Brie, en Versailles, Saint-Ouen y otras localidades en los alrededores de Paris; la menilita en Menilmontant, Saint-Denis (Paris), Beaulieu (Aix), en Gergovia (Auvernia), en Monte Rufoli (Toscana), etc.: por último, la geiserita es de Islandia.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — La Península es igualmente rica en algunas variedades de esta especie; siendo abundante el pedernal en Vallecas y Vicálvaro (alrededores de Madrid): en el Tajo del Chorro (Málaga): en el arroyo de los Granados, Ardales, Carratraca, Casarabonela y otros puntos: tambien se encuentra en las inmediaciones de Lisboa y en Rio mayor (Portugal): el jaspe se ve en fragmentos sueltos en las cañadas de la Sierra del Moral de Calatrava (Ciudad-Real), en Munguía (Vizcaya), segun el señor Collette bajo el nombre de sílice abigarrado, amarillento y negro, y en otros puntos: el silex molar ó moleña, se encuentra en las cercanías de Toledo, en Cabañas, donde lo he visto en 1875 acompañando á la famosa magnesita, en la Sierra de Junquera (Málaga), en Cabra (Córdoba), etc.; la Ftanita, segun La Cortina, en Manzanares de la Sierra, en el Cerro de la Peña del Diezmo y en el camino de la Cerca á Robledo de Chavela (Madrid): tambien en los Guadarranques (Sierra de Guadalupe).

APLICACIONES. — El pedernal, aunque ha perdido mucha importancia con la introduccion de los fósforos y pistones, habiéndose casi abandonado la industria de las piedras de chispa, es todavía una roca muy útil para el empedrado y hasta para la construccion; para lo primero, se corta en forma de cuñas; y para lo segundo, en pedazos irregulares, conservándose todavía en Madrid muchas tapias fabricadas con esta piedra; la moleña se destina á la fabricacion de piedras de molino; si bien para el mismo uso se echa mano, segun la localidad, de rocas muy diversas, desde el granito hasta las areniscas, y tambien la caliza, como se practica en Colmenar Viejo. Tambien sirve el silex molar como excelente piedra de construccion. Los jaspes son piedras de adorno, y se destinan á la elaboracion de objetos de lujo, como tazas, placas de revestimiento, etc.: la variedad llamada *piedra de toque*, ha merecido este nombre por destinarla á

ensayar los metales preciosos y principalmente el oro. El trípoli, bien sea en polvo ó desleido en agua ó aceite, sirve para pulimentar y dar brillo á los metales y piedras preciosas. La geiserita puede decirse que es objeto de pura curiosidad científica.

Hierro oxidado

SINONIMIA.—Iman, hierro oxidado magnético, calamita en italiano, magneteisenstein en aleman.

DEFINICION Y CARACTÉRES.—El hierro iman es de color negro, cuyas partículas son atraidas por la aguja magnética; cristaliza en octaedros regulares; cuando está en masa ofrece una estructura laminar, granosa ó compacta; se compone de hierro y oxígeno. Este mineral se encuentra, generalmente hablando, en los terrenos antiguos de granito, gneis, pizarras, etc.; algunas veces, sin embargo, existe en terrenos mas modernos, como le sucede al del famoso criadero de la Punta de la Calamita en la isla de Elba, uno de los depósitos mas notables de este metal, enclavado en los materiales del período jurásico: tambien suele existir en el basalto: sus compañeros son la blenda córnea, la caliza metamórfica, los granates, el asbesto, la mica, y comunmente el talco y el espato fluor.

VARIEDADES.—La diferente estructura determina las principales variedades, que son: granular, compacta y arenosa.

YACIMIENTO.—Esta roca se presenta afectando filones ó capas subordinadas á otras cristalinas. A veces ofrece todas las condiciones de masa eruptiva, segun se observa en la Punta de la Calamita (isla de Elba), donde va acompañada de piroxeno radiado y de ilvaita, y en relacion con caliza jurásica que ha pasado á mármol sacaroidéo por la influencia del hierro magnético, el cual ha llegado á infiltrarse en la propia caliza en los puntos de contacto. En Valdicastello (Alpes Apuenses) se encuentra en condiciones casi iguales. Sin embargo, este hierro es mas comun en los terrenos paleozóicos mas antiguos, donde se presenta con preferencia en capas ó masas subordinadas á las pizarras cristalinas, segun se observa en Dannémora (Suecia), en Kasamar en Siberia, y en otras localidades. En todos estos puntos se halla relacionado con granitos, pórfidos y rocas anfibólicas, las cuales facilitaron indudablemente las emanaciones hidrotermales que ocasionaron la formacion de esta roca.

LOCALIDADES.—Una de las mas curiosas que se conocen en Europa, es sin disputa alguna la llamada Punta de la Calamita (isla de Elba), donde forma una masa tan considerable, que á gran distancia no rige la brújula de los buques. Sigue en importancia la ya citada de Dannémora en Suecia, la de Traversella en el Piamonte, y muchas otras que omitimos por la brevedad. En cuanto á la Península, es bastante comun. En Granada se halla diseminado en la serpentina; en San Lorenzo del Escorial acompañado de la pirita magnética, de la comun, del espato calizo y granates, en una roca cristalina en que esta piedra es muy abundante. Segun Maestre, en Marbella se encuentra este hierro en masas de cinco ó seis varas de potencia en el terreno silúrico ó devónico; alimenta seis altos hornos en Rioverde y dos en Málaga. El Sr. Rojas Clemente dice haber visto arenas magnéticas en el rio, á la entrada de Guadix, procedente del que hay en las terreras; tambien las cita en el rio Zujar; en la acequia de Orgiva asociada de la pirita de hierro, cosa muy rara, y al oeste de Coin en la serpentina, acompañando á la plombagina; arenas magnéticas en las playas de Marbella y Cabo de Gata.

APLICACIONES.—El hierro magnético se explota y utiliza para la fabricacion del acero y del forjado; en polvo menudo suele emplearse para salvaderas, etc.

Hierro peroxidado

SINONIMIA.—Hierro oligisto, hematites roja, hierro micáceo, sanguina, ocre rojo, eisenglimmer en aleman.

DEFINICION Y CARACTERES.—Esta especie, distinta de la anterior por la mayor cantidad de oxígeno que entra en su composicion, es de un color amarillo dorado, rojo, negro ó azulado; con un brillo metálico muy decidido; en general cristaliza en formas muy complicadas del sistema romboédrico, aunque tambien se encuentra terroso y concrecionado; el polvo de su raya es siempre rojo, duro y consistente.

Las variedades concrecionada y terrosa reciben los nombres especiales de hematites la primera, y la segunda, cuando está mezclada con cierta cantidad de arcilla, se llama ocre rojo, y sanguíneo, del que se sirven para los lápices de color. En este estado el hierro es el principio tintóreo de la mayor parte de las rocas; de consiguiente se encuentra en casi todos los terrenos. El de aspecto metálico se halla en filones de mucha potencia, y en grandes masas, intercalado en los terrenos antiguos de granito, de gneis y tambien en los paleozóicos. En estado de hojas ó láminas, se encuentra con frecuencia en los volcanes, tanto apagados como en actividad, y muy especialmente en los azufrales.

Sus compañeros mas comunes suelen ser el cuarzo, la barita, el espato fluor, y la mica, que con frecuencia le sirven de ganga. Entre los metales, el mismo hierro compacto, algunas veces el ocre rojo, la pirita comun y arsenical, y el estaño.

Además de estos criaderos particulares, suele encontrarse la variedad compacta, en capas intercaladas en los terrenos de sedimento de la época secundaria. A este período pertenecen indudablemente los famosos criaderos de hierro de Somorrostro y de Bilbao.

Hierro hidroxidado

SINONIMIA.—Hematites parda, mineral de hierro en roca, hierro oxidado pardo, limonita, hierro de los pantanos, id. oolítico y pisolítico, ocre amarillo, Chamoisita, Berthierita, hierro hidratado.

Este mineral, compuesto de hierro, de oxígeno y de agua, se presenta con una estructura terrosa, compacta, fibrosa, granuda ú oolítica; á veces en pequeños granos sueltos ó aglutinados por sustancias arcillosas ó calizas. Se distingue de las especies anteriores en que el polvo es amarillo. Las principales variedades de esta especie son: el hierro en geodas ó en masas aisladas, que ofrecen en su interior un núcleo suelto, y son las piedras llamadas de Aguila; el hierro en granos, oolítico, terroso por la mezcla con arcillas, que merece el nombre de ocre amarillo; el hierro de los pantanos es por demás curioso por la intervencion de animales microscópicos, entre los cuales figura la *Galionella ferruginea.*

Esta especie no se encuentra en filones ni en criaderos irregulares, sino en capas, alternando con los estratos de los terrenos, en especial del jurásico, cretáceo, terciario y moderno. Tampoco es raro en formas estalactíticas y concrecionadas, justificando su origen hidrotermal.

La variedad oolítica constituye rocas de muchos terrenos, y en particular del jurásico; la limonita en granos, conocida tambien con el nombre de hierro de aluvion, ó en perdigones como la llaman en Ronda, en donde segun Roxas, es muy abundante, y en la Herracilla del Jaral, pertenece á los

terrenos terciarios, particularmente al mioceno; de donde se deduce la poca exactitud del adjetivo que lleva. En Fúcar existian algunos hornos, de cuenta del Gobierno, para el beneficio de este mineral.

En general esta especie suministra hierros de buena ley.

Hierro carbonatado

Sinonimia.—Hierro espático, siderosa, mina de acero, mineral de hierro de la hulla.

Definicion y caractéres.—El hierro carbonatado está compuesto de ácido carbónico y óxido de hierro con algo de manganeso, magnesia y espato calizo como elementos accidentales: su estructura suele ser cristalina, ofreciendo formas romboédricas muy parecidas á las de la cal carbonatada; tambien se presenta laminar, fibroso, granoso, compacto y térreo. Se distingue de la caliza, con la que podria confundirse, en razon á su aspecto y cristalizacion, por su mayor peso y dureza, pues aquel raya á esta: hace efervescencia tratado por los ácidos, pero en frio es lenta y poco aparente; el polvo de su raya es gris; calentado toma color azul y se hace magnético.

Criaderos y compañeros. — Las variedades cristalinas se encuentran unas veces aisladas, otras como matriz de minerales de plata, plomo y cobre, en forma de filones ó vetas, en terrenos muy antiguos, en relacion con el gneis y con las pizarras primarias. Comunmente le acompaña el hierro pardo compacto, formando muy á menudo su ganga el espato calizo, el cuarzo y tambien la cal fluatada.

La variedad compacta, de aspecto pétreo, se encuentra en forma de nódulos, riñones ó pequeñas masas intercaladas en los terrenos primarios y secundarios, y muy particularmente en el del carbon de piedra, en donde por la feliz coincidencia de la proximidad del combustible adquiere un valor considerable. La mayor parte del hierro que se explota y elabora en Inglaterra se encuentra en estas circunstancias; por cuya razon, y atendida por otra parte su excelente calidad, ningun país puede competir, bajo el punto de vista económico y aun por la excelencia de sus productos en este ramo, con la Gran Bretaña.

En España se encuentra en Linares, en Hinojosa de Córdoba, en Baigorri (Navarra), en Oyarzun (Guipúzcoa), en Somorrostro y en varios otros puntos.

Manganeso peroxidado

Sinonimia.—Pyrolusita, silomelana, peróxido de manganeso y manganeso peroxidado baritífero.

Descripcion.—El manganeso, que despues del hierro es el metal mas abundante en el globo, ofrece varias especies, entre las cuales las mas importantes son la pyrolusita, la acerdesa y la silomelana, todas compuestas de manganeso y oxígeno, con algo de agua en la segunda, y de barita en la última. Todas estas especies suelen encontrarse reunidas ó asociadas en el mismo criadero; razon por la cual, consideradas geológicamente, su separacion es difícil y poco conveniente.

Entre estas especies, la mas comun y la que suministra la mayor parte del manganeso que se consume en el comercio con destino á la preparacion del cloro, á la extraccion del oxígeno en los laboratorios y á purificar el vidrio de los visos amarillos que le comunica el carbon, es la pyrolusita ó peróxido de manganeso.

La pyrolusita es una sustancia de aspecto unas veces metálico semejante al del acero, cristalizada ó en masas bacilares y fibrosas radiadas, otras térreo ó pétreo en incrustaciones en forma de estalactitas y pisolitas. Cuando cristaliza, los cristales adquieren las formas dependientes de un prisma recto romboidal, á veces tan prolongados que constituyen fibras ó masas aciculares muy curiosas. En estado amorfo generalmente es manchadiza y de color gris muy oscuro y á veces completamente negro; por el contrario, en los cristales ó en las masas cristalinas suele tomar brillo metálico y un color parecido al de ciertas especies de hierro. La densidad de la pyrolusita varía de 4,31 á 4,94; la dureza viene á ser la del yeso, dejándose rayar, de consiguiente, por la caliza. Al soplete es infusible; si bien sometida al calor de reduccion toma un color rojizo característico. Cuando se funde con el auxilio del borax, determina una muy viva efervescencia, debida al gran desprendimiento de oxígeno.

Entre las muchas variedades que se conocen de esta especie, deben citarse el manganeso peroxidado amorfo, que se presenta en masas de fractura unida algo regular; el concrecionado dispuesto en estalactitas de formas muy diversas; el dendrítico en ramitas ó arborizaciones tan frecuentes en las calizas, en las ágatas, jaspes y en otras rocas; y la pisolítica y estalactítica correspondientes al manganeso peroxidado baritífero ó silomelana.

Yacimiento.—La pyrolusita se encuentra muy comunmente en dendritas ó arborizaciones en rocas de todas edades; otras veces se presenta como materia tintórea, comunicando á las rocas y minerales un color morado ó violeta característico, como en el cuarzo amatista.

Las variedades cristalizadas constituyen filones en los terrenos paleozóicos, sin ofrecer nada de notable. Bajo este punto de vista la sustancia verdaderamente importante es la silomelana, que casi siempre va asociada á la pyrolusita. Reunidas estas especies, se encuentran en forma de faja ó zona de escasa potencia, colocada entre las rocas primarias y las de los terrenos secundarios. Con frecuencia ocupan las calizas jurásicas inferiores, y particularmente la arkosa, que forma, en muchos puntos, la base del lias. Generalmente hablando el manganeso constituye masas irregulares sin direccion constante, tapizando á veces las cavidades abiertas en el sentido de la estratificacion misma ó trasversalmente, y tambien esparcido en la masa de las rocas á la manera de un líquido teñido de esta sustancia, que las hubiera penetrado hasta el fondo mismo de su masa.

En el departamento del Dordoña el manganeso de San Martin de Fressengeas forma, segun Dufrenoy, riñones y venillas en la caliza de la oolita inferior, acompañada de jaspe y arcilla en nódulos irregulares. En Age-San-Martin el mineral se encuentra en el granito pizarroso.

En Epénède se presenta en pisolitas aglutinadas á la manera del hierro granular. En Franc-le-Chateau, la silomelana se halla sobre las calizas lacustres miocenas, y se confunde con la mina de hierro pisolítico de las arcillas pliocenas. En esta localidad se presenta en cantos ó chinas aplastadas, con la superficie lisa y pulimentada, como si hubiesen sufrido la accion de las aguas; y su estructura en capas concéntricas revela haber sido formadas por la accion de las aguas cargadas de dicha materia, del mismo modo que el hierro en granos.

Localidades.—La pyrolusita se encuentra en Crivillen (Teruel) en capas, alternando con las del terreno cretáceo. Aunque no sabemos con certeza la produccion de esta mina, parece que en 1857 se hizo un contrato para entregar 4,000 quintales mensualmente. En Lavausa (Pirineos de Cataluña) tambien se halla esta especie. En 1859 se descubrieron muchos é importantísimos criaderos en la provincia de Huelva, situados en pizarras relacionadas con los pórfidos. Tambien se citan en San Genjo (Pontevedra), en las pro-

vincias de Burgos, Almería, en el distrito del Cabo de Gata y en los cerros de Alcalá de Henares, segun la Cortina.

En la posesion de Niñerola, no léjos de Valencia, se encuentra en las grietas que dejan las calizas del terreno terciario medio, y hasta penetrando en su propia masa.

SEGUNDO GENERO—ROCAS DE SEDIMENTO MECANICO

Compréndense en este género todas las rocas de sedimento que no fueron disueltas por las aguas, sino llevadas en suspension.

Dos especies principales figuran en este género, á saber: arcillas, arenas y areniscas.

Arcilla

ETIMOLOGÍA.—La palabra arcilla viene del latin *argilla*, y esta de *argillos* en griego, derivada de *argos*, blanco.

SINONIMIA.—Kaolin, arcilla esméctica, tierra de batán, arcilla plástica, tierra de pipas y de tejas, ocre amarillo y rojo, sanguina, marga, légamo, etc.

DEFINICION.—Las arcillas son rocas formadas esencialmente de silicato hidratado de alúmina, solo ó asociado á otras sustancias, tales como óxidos de hierro, algo de caliza, magnesia, pirita de hierro, etc., resultado inmediato de la descomposicion de las rocas feldespáticas, segun ya queda dicho.

DIVISION.—Aunque la gran uniformidad de caractéres dificulte la clasificacion de estas rocas, conviene, no obstante, para facilitar su estudio, dividirlas en dos grupos, á saber: arcillas simples y compuestas.

Arcillas simples

Este grupo se halla representado por tres variedades, que son: 1.° kaolin, 2.° arcillas esmécticas, 3.° arcillas plásticas.

a.—KAOLIN

ETIMOLOGIA.—Esta palabra es de orígen chino, y deriva de Kao-lin-shi, que traducido significa: piedra, *shi*, de la montaña, *lin*, de Kao, de donde procedia la tierra llamada de porcelana, introducida por primera vez en Europa por los misioneros. En un principio se creyó que esta sustancia era exclusiva del celeste imperio, pero así que el análisis reveló su verdadera naturaleza, se vió que era resultado de la descomposicion de las rocas feldespáticas, y por consiguiente, que podia encontrarse tambien en Europa, como así sucedió en efecto.

SINONIMIA.—Tierra de porcelana y kaolin.

DEFINICION.—Esta roca, resultado inmediato de la descomposicion del feldespato ortosa que figura en el granito, en la sienita, en la protogina y mas especialmente en la pegmatita entre las rocas del grupo granítico, puede considerarse como la verdadera matriz de las arcillas: es un silicato hidratado de alúmina, mezclado á veces con algo de potasa, sosa, cal, magnesia y óxidos de hierro, segun demuestra el adjunto cuadro.

LOCALIDADES	Sílice	Alumina	Agua	Cal, magnesia y potasa	Cal, magnesia y sosa	Hierro y manganeso	Resíduo no arcilloso
Arcilla del kaolin de Limoges. .	42,07	34,65	12,17	1,33	»	vestigios	9,76
Louhossoa, cerca de Bayona. .	42,12	33,00	23,00	»	0,50	id.	»
Chabrol (Puy de Dome). . . .	32,93	29,88	10,73	1,55	»	id.	24,87
Breage (Cornwall).	46,63	24,06	8,74	0,60	vestigios	id.	19,65
Plymtom (condado de Devon). .	44,26	36,81	12,74	1,55	id.	id.	4,30
Chiesi (Elba).	45,03	32,24	11,36	2,21	id.	id.	8,14
Burgomanero.	23,94	21,14	7,42	vestigios	id.	1,23	48,00
Auerbach.	32,48	29,45	10,50	1,13	id.	vestigios	26,42
Sielitz.	40,78	34,16	12,10	4,60	id.	id.	12,33
Morl (Hall).	26,10	22,50	7,55	Ca. Mg.	id.	id.	43,84
Zetlitz (Carlsbad).	33,98	26,66	9,55	1,13	id.	id.	28,63
Prinzdorff (Hungría).	26,76	15,17	5,22	1,83	id.	0,56	50,50
Bornholm (Escandinavia). . .	38,57	34,99	12,52	0,54	0,93	vestigios	13,36
Risanski (Rusia).	29,30	47,83	22,23	vestigios	0,68	id.	»
Oporto.	40,62	43,94	14,62	id.	vestigios	id.	»
Sargadelos (Galicia).	43,25	37,38	12,83	0,88	id.	id.	0,11
Newcastle.	29,73	25,59	8,94	Potasa	id.	id.	34,99
China.	23,72	9,80	2,62	3,08	id.	0,43	68,18

CARACTÉRES.—Esta roca se presenta de aspecto de una tierra blanca sonrosada, á veces amarillenta; muy tierna y friable; tizna los dedos, algo áspera al tacto, se pega algun tanto á la lengua, se deslie con dificultad, no formando pasta con el agua; los ácidos disuelven una pequeña parte de sus elementos; fusible ó no al soplete, segun la proporcion de granos feldespáticos que contiene.

TRÁNSITO.—Examinada esta roca en su propio criadero, ofrece frecuentes tránsitos á los granitos, y en especial á la pegmatita, que es la que mas abundante kaolin suministra y de mejor calidad. Ahora bien, la pegmatita se llama en chino *pe-tunc-shi*, y de ahí el error bastante generalizado entre nosotros de considerar á lo que se ha llamado *petunzé*, como un grado de descomposicion de las rocas feldespáticas, menos avanzado que el kaolin mismo, siendo así que en rigor es una roca.

YACIMIENTO.—El kaolin se encuentra relacionado, como el efecto á la causa, con las rocas feldespáticas, de cuya descomposicion procede, y particularmente con las pegmatitas, que, segun ya queda indicado, suministran las mejores y mas abundantes tierras de porcelana.

LOCALIDADES.—El de China procede, segun va apuntado, de la montaña de Kao, distrito de Feou-Lean, provincia de Kiangsi, centro de la industria cerámica. En Francia se encuentra en Saint-Irieix, cerca de Limoges, de donde se surte el célebre establecimiento de Sevres: la porcelana de Sajonia se fabrica con el kaolin de Morlimesieu, no léjos de Hall. En España se conocen varios criaderos, como el de

Galapagar y Valdemorillo, cuyo kaolin se emplea para ladrillos refractarios; el del Canal de Cabarrús, en la Sierra Carpetana, se empleó en las fábricas del Retiro y Moncloa: el de Burela sirve para la de Sargadelos, en Galicia; el del Castillo de Rodalguilar se destina á las fábricas de Sevilla.

Existen en la provincia de Toledo varios criaderos de kaolin, notables todos por las circunstancias especiales que en ellos concurren; debiendo mencionar el de la dehesa de Carrascosa, en término de la Puebla de Montalban, donde se diria que forma un pequeño depósito de acarreo, compuesto de cantos redondos de diferente tamaño, de naturaleza silicea, siendo el cemento de kaolin térreo y arenoso: ofreciendo una especie de aparente estratificacion, relacionado con un pequeño manchon de gneis silúrico, en el que vimos una pequeña veta de grafito, del que se ha traido á Madrid para los usos comunes á que se dedica esta sustancia. No léjos de dicha localidad se encuentran algunos otros pequeños manchones de tierra blanca, que son tambien de la misma sustancia. Pero el criadero mas notable, no solo de la provincia, sino de España entera, y hasta me atrevo á asegurar que de toda Europa, es el llamado la cantera de San Martin de Montalban, representada por una montaña de grande altura, toda ella formada de kaolin, de una blancura que ofende á la vista en los cortes de donde se extrae, con la particularidad de hallarse en la cima la pegmatita sonrosada, de cuya descomposicion procede aquel; conservándose aun claros vestigios de la cantera, de la cual se extrajo la piedra para la construccion del famoso castillo ya citado de Montalban, situado frente á dicho punto, del que solo lo separa el rio Torcon. Dudo que exista en el mundo otro criadero tan importante por la excelente cualidad, abundancia y fácil extraccion de esta sustancia y por las especialísimas circunstancias que en él concurren, propiedad de mi amigo D. Manuel de Sotomayor (1).

APLICACIONES.—Esta tierra se emplea, segun acaba de indicarse, en la fabricacion de la porcelana, lo cual basta para hacer comprender toda su importancia.

b.—ARCILLA ESMÉCTICA

ETIMOLOGÍA.—El adjetivo que se aplica á esta arcilla procede del latino *smecticus*, detersivo, sustancia que sirve para limpiar.

SINONIMIA.—Arcilla batanera, arcilla hidratada, tierra de Segovia, etc.

DEFINICION.—La arcilla esméctica es un silicato hidratado de alúmina, en el que la proporcion de agua combinada llega á un 25 por 100, segun el adjunto cuadro:

ARCILLAS ESMÉCTICAS	De Reigate	De Hampshire	De Silesia
Sílice	50,80	51,00	48,50
Alúmina	23,00	17,00	18,50
Cal	2,30	0,50	»
Oxido de hierro	0,70	5,75	6,00
Magnesia	0,20	1,25	1,50
Agua	24,50	24,00	25,50
Total	101,50	99,50	100,00

Las sustancias que, como la cal, óxido de hierro y magnesia suelen acompañarla, lo hacen en calidad de materias accidentales.

(1) Los que deseen mayor ilustracion en este asunto, pueden leer el tomo cuarto de los Anales de la Sociedad española de Historia Natural, donde se halla inserta una nota leida por mí en la sesion del 7 de abril de 1875.

CARACTÉRES.—Rocas de aspecto térreo ó verdaderas tierras de tintas claras por lo comun, aunque las hay tambien oscuras; de estructura pulverulenta, compacta, correosa y hasta de aspecto de papilla, segun la cantidad de agua interpuesta; de tacto suave y craso análogo al de talco y serpentina; echándoles el aliento despiden un olor parecido al que producen las primeras gotas de lluvia en verano; los ácidos las atacan algun tanto, si bien al soplete son poco fusibles.

VARIEDADES.—Esta, como la plástica, presenta gran número de variedades, hijas las unas de las múltiples tintas que ofrecen, como blanca, amarilla, verde, rojiza, etc.; otras de la estructura que suele ser compacta, pizarreña, en masa, etc., ó de las sustancias que accidentalmente lleva, como la caliza, estableciendo el tránsito á la marga; la sílice, pasando insensiblemente á la greda; hojuelas de mica, materias bituminosas, sal, etc., en cuyos casos se llama micácea, bituminosa, salífera, etc.

YACIMIENTO.—La arcilla esméctica se encuentra en depósitos estratificados, alternando con bancos calizos ó de otra naturaleza. En Inglaterra es tan abundante esta roca en un piso del terreno jurásico, que por excelencia se llama así, segun veremos. En Reigate y Silesia, estas arcillas, que pasan por las mejores, pertenecen al terreno cretáceo inferior.

LOCALIDADES.—Además de las indicadas y otras muchas en Europa, en la Península se encuentran depósitos de arcilla de batanero en Manresa y Sampedor, segun Maestre, dependiente del terreno cretáceo: tambien las hay en Tarrasa y Alcoy, en Ruidera y Segovia, enlazadas probablemente con los materiales del terreno terciario, y en otros muchos puntos que seria hasta enojoso enumerar.

APLICACIONES.—La propiedad de que goza esta arcilla de formar con las grasas una especie de jabonadura la hace muy apreciable para quitar manchas y desengrasar las telas de lana. Para ello se deslie en agua ó se forma con ella una especie de papilla, y se extiende sobre la tela manchada; se deja secar y con el cepillo se quita. En las fábricas se emplea el batán para incorporar la arcilla con las telas engrasadas, las cuales quedan limpias á beneficio de la operacion física que allí se verifica.

c.—ARCILLA PLÁSTICA

ETIMOLOGÍA.—El adjetivo que lleva esta arcilla procede de *plastos*, que en griego significa yo formo, y revela una de sus mas importantes propiedades.

SINONIMIA.—Arcilla comun, tierra de alfarero, etc.

DEFINICION.—La arcilla plástica es un silicato hidratado de alúmina, con la mitad de agua que la anterior, y las mismas sustancias accidentales, como cal, hierro y magnesia.

CARACTÉRES.—De igual aspecto térreo que la anterior, se distingue, no obstante, por ser mas dúctil é infusible, á no contener algun principio ferruginoso ó calizo; por pegarse fuertemente á la lengua, efecto de la avidez que tiene por el agua, lo cual le comunica otra de sus grandes cualidades, la de ser impermeable; y principalmente por formar pasta con el agua, en cuyo caso admite todas las formas que se le dan, de donde procede su etimología; expuesta al fuego se endurece mucho, pierde gran parte de su volúmen, haciéndose áspera al tacto y frágil, perdiendo por completo la propiedad de desleir en el agua. La ductilidad y consistencia que adquiere la pasta que forman con el agua, es variable, y de aquí el llamarse unas muy plásticas y otras menos plásticas ó figulinas.

VARIEDADES.—Las variedades de esta arcilla son, sobre poco mas ó menos, las indicadas en la especie ante-

rior; no hay por consiguiente necesidad de nombrarlas de nuevo.

YACIMIENTO.—Las arcillas plásticas forman parte de todos los terrenos, unas veces por sí solas, otras alternando con bancos de calizas, areniscas, conglomerados, etc. Su predominio en algunas épocas terrestres es tal, que ciertos pisos ú horizontes llevan el nombre de esta roca, como el de las arcillas irisadas en el trias, el de las plásticas en el terciario de Paris, etc.

LOCALIDADES.—Limitándonos á las españolas, debemos decir que son numerosísimas; así, por ejemplo, en los terrenos terciarios de Madrid y Aranjuez, impregnadas muchas de ellas y alternando con yesos; en Cardona, Manuel, Minglanilla, etc., con sal comun pertenecientes al terciario y al trias; en Almagro llaman rubiales y de barros á las tierras en que predominan las arcillas coloradas y negruzcas.

APLICACION.—La arcilla plástica se destina á la alfarería basta, y tambien la emplean los escultores para los bocetos y modelos de sus obras. Las famosas alcarrazas de Andújar, de las Alpujarras y otros puntos, se fabrican añadiendo á la arcilla comun algo de arena ó caliza ó sal; con lo que se comunica á las vasijas la estructura porosa que tanto contribuye á refrescar el agua.

d.—ARCILLA REFRACTARIA

Como apéndice á las arcillas comunes, debemos decir algo de las refractarias, así llamadas por resistir á muy altas temperaturas; circunstancia debida á la escasa proporcion de caliza y hierro que contienen, y á la presencia de materias bituminosas, las cuales desapareciendo con el calor, comunican cierta porosidad á crisoles, ladrillos, etc., lo cual permite el paso mas ó menos brusco de bajas á altas temperaturas y viceversa, sin riesgo alguno.

LOCALIDADES.—En la Península estas arcillas son bastante comunes, y procede de Muela y Pereruela la que sirve para los famosos crisoles y retortas de Zamora; la de Segovia se destina á la fábrica de Tamajon y Aranjuez; la que se emplea en Alcaraz, procede de Valdepeñas; tambien es excelente la de Valdemorillo, y la conocida en Cartagena con el nombre de lagena, resultado de la descomposicion de una pizarra arcillosa oscura, llamada en el país laja.

APLICACIONES.—Destínase esta arcilla á la fabricacion de ladrillos refractarios, retortas, crisoles, y hasta para vasijas de uso doméstico: la variedad bituminosa se emplea en crisoles para fundir el acero, y la comun, para moldes de cañones, campanas, etc.

SEGUNDO GENERO.—ARCILLAS COMPUESTAS

Marga

ETIMOLOGIA.—Plinio usaba ya esta palabra para designar una tierra blanca, á modo de arcilla.

SINONIMIA.—Albariza, albaris y llacorella en Valencia.

DEFINICION.—La marga es una arcilla á la que se asocia una cantidad mas ó menos considerable de materia caliza y de otras sustancias accidentales.

CARACTÉRES.—Los mismos caractéres distinguen á esta roca que á la arcilla, con la sola diferencia de que, tratada por los ácidos, da una efervescencia mas ó menos viva dejando un sedimento, que es de arcilla y de las otras materias que no son atacables por aquellos. Otra circunstancia importante la distingue tambien, y es el modo cómo se descompone y los productos de su descomposicion. Con efecto, la parte caliza, dejándose atacar químicamente por el ácido carbónico, facilita la alteracion mecánica de la parte arcillosa, que, como es sabido, solo se altera de un modo mecánico ó físico; ó bien principia la alteracion de esta por los cambios bruscos de temperatura, y por la accion del agua, facilitando la propia disgregacion molecular la descomposicion química de la caliza.

YACIMIENTO.—Esta roca, que puede llamarse de tránsito por su composicion, se encuentra en la mayor parte de los terrenos de sedimento, entre bancos calizos y arcillosos, á los cuales sirve, por decirlo así, de lazo ó eslabon que los asocia y enlaza.

LOCALIDADES.—La marga, que en sus aplicaciones á la agricultura como mejoramiento de las tierras puede considerarse como verdadero tesoro, es por fortuna muy abundante en todas partes, y en especial en la Península, donde, sin embargo, no se hace de ella el uso que se debiera. Es frecuente en los terrenos jurásico, cretáceo y terciario; pudiendo citar como localidades clásicas casi todo el valle de Albaida y de Mogente y otras comarcas de Valencia y Aragon. Abunda en Andalucía, donde dan el nombre de alberos á las tierras en que predomina esta roca, etc., y en muchos otros puntos de España.

APLICACIONES.—La primera y mas importante aplicacion de esta roca, es para margar las tierras; puede tambien destinarse á todos los usos de las arcillas y en particular de las plásticas.

e.—GREDA

ETIMOLOGÍA.—La palabra Greda procede del latin *Creta*, expresion empleada por Plinio, aunque impropiamente, para designar esta tierra y la creta propiamente dicha; y de ahí, por corrupcion, la palabra Greda.

DEFINICION.—Aunque el vulgo confunde bajo la denominacion comun de Greda á todas las rocas térreas y arcillosas, la ciencia no puede consentir tal confusion; por eso define la Greda, diciendo que es una arcilla mezclada de arena, de donde resulta el sello que mas la distingue de la marga y de la arcilla.

CARACTÉRES.—Los principales son: el tacto áspero que ofrece, el no ser impermeable como la arcilla, ni dar, tratada con los ácidos, la efervescencia que indicamos en la caliza.

YACIMIENTO.—Tambien la greda se encuentra, como roca de tránsito, entre las arenosas y arcillosas; presentándose á veces en depósitos mas ó menos considerables como resultado de la descomposicion de los granitos, de los cuales procede la arcilla, los granos de arena, y tambien con frecuencia las hojuelas de mica que presenta.

LOCALIDADES.—En España la greda es muy comun, particularmente en el terreno cuaternario de Madrid y sus alrededores; no escaseando tampoco en los terrenos terciarios y en los secundarios de varias comarcas.

APLICACIONES.—Esta roca es un buen mejoramiento para las tierras calizas en particular, y puede destinarse tambien á la fabricacion de alcarrazas, botijos y hasta para la alfarería basta, á cuyo uso se destinan parte de las que entran en la constitucion geológica del terreno cuaternario de San Isidro.

f.—LÉGAMO

SINONIMIA.—*Lehm*, *loess* (en aleman), limo, cieno, tarquin, etc.

DEFINICION.—Esta roca representa la mezcla confusa de elementos arcillosos, calizos, arenáceos y con frecuencia tambien ferruginosos, con mucha cantidad de agua, resulta-

do de la sedimentacion de las partes mas tenues de los materiales que arrastran las aguas. Encuéntrase generalmente en los alfaques, en el álveo de muchos rios y en la tierra vegetal; siendo el lehm ó loess, por excelencia, uno de los productos que distinguen particularmente el terreno llamado *cuaternario* ó *del diluvio*. Al trazar la descripcion de este período de la historia física de la tierra, daremos mas pormenores acerca de tan importante roca.

g.—OCRE

SINONIMIA.—Almagra, ocre rojo y amarillo, sanguina, rojo de Marte, bol, tierra de sombra, tierra de Siena, tierra de Italia, etc.

DEFINICION.—Los ocres son arcillas muy cargadas de óxidos de hierro á los que deben sus diversos colores. Cuando el óxido es anhidro (hierro oligisto), el color es rojo y se llaman los ocres sanguíneos; cuando, por el contrario, es hidratado (limonita), son amarillos; éstos se hacen rojos por la torrefaccion.

De lo dicho se infiere, que tanto los caractéres físicos como gran parte de los químicos y las relaciones geognósticas deben ser, si no idénticas, muy análogas á las de las arcillas; por cuya razon es excusado entrar en mayores detalles.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—Los ocres de todos colores abundan en la Península, en particular en los terrenos cretáceos del Levante y Mediodía, alrededor de los depósitos de hierro hidratado. Tambien van mezclados con las rocas traquíticas descompuestas que forman el alumbre, extrayéndose del poso que dejan estas piedras en las operaciones á que se someten para el beneficio de dicha sustancia. Tal era y es, aunque en menor escala en la actualidad, la procedencia de la famosa *almagra*, ó sea el ocre rojo, que se explota desde tiempo inmemorial en el pueblo de Mazarron, sustancia que se emplea para dar frescura al tabaco en polvo que se elabora en las fábricas de Sevilla y otras del reino. Es muy posible que Sierra Almagrera deba su nombre á la abundancia de estos ocres ó almagras. El Sr. Bowles, en la introduccion á la Historia Natural de la Península, dice haber hallado entre la Puebla de Alcocer y Orellana (Badajoz), el ocre mas fino y hermoso del mundo; son sus palabras.

APLICACIONES.—Los ocres se emplean en la preparacion de los lápices de colores, á cuyo fin se deslien, secan y aglutinan por medio de la goma; se destinan igualmente á elaborar las pastillas para el pastel, temple y hasta para los colores finos.

Arenas y areniscas

La palabra *arena* se aplica generalmente al estado de gran fragmentacion ó atenuacion de todas las rocas: algunos autores han querido que se aplicara este nombre solo á los granos pequeños redondeados ó angulosos de cuarzo; pero por desgracia no se ha adoptado esta idea, y faltando á la exactitud de lenguaje, se dice hoy arenas volcánicas, feldespáticas, cuarzosas, etc.

Resultado casi siempre de la alteracion física ó mecánica de las rocas, son muy abundantes en la naturaleza, distinguiéndose particularmente por la soltura ó incoherencia de sus partículas, recibiendo el nombre de areniscas cuando los granos se hallan agregados por cualquier sustancia unitiva ó aglutinante. De aquí la division natural de esta especie en dos grupos, á saber: Arenas con los demás resultados de la alteracion física de las rocas y areniscas, conglomerados, etc.

A.—ARENAS

Segun hemos dicho, las arenas son el resultado de la descomposicion de las rocas, y de la trituracion de sus diversos materiales, hasta adquirir un grado considerable de tenuidad, efecto del acarreo de dichos materiales por las aguas líquidas; pero en razon al mecanismo á que deben su orígen, es fácil comprender, que desde la roca viva, ó en su propio criadero, hasta las arenas, han de encontrarse de forma y tamaño muy diferente, resultando de aquí las peñas, peñascos, cantos, canchos, masas de piedra, berruecos, etc., que existen por lo comun no léjos del punto de su procedencia, llamándose al punto ó comarcas en qué abundan, berrocales, canchales, peñascales, etc. Siguen despues los guijarros ó cantos rodados, por otro nombre tambien chinas, que son de tamaño mas pequeño y generalmente de forma ovalada ó elipsoidal. Luego viene la grava, compuesta de pequeños fragmentos de rocas, de formas angulosas, mas bien que redondeadas; y por último, las arenas de diferente tamaño, aunque siempre inferior al de la grava, llegando á veces á convertirse en polvo.

YACIMIENTO.—Cada uno de estos estados y formas de las rocas, ocupan diferentes horizontes, hallándose en las faldas de los montes los grandes cantos, peñas y peñascos: en el álveo mismo de los rios y tambien en la base de casi todos los terrenos de sedimento, los cantos rodados, chinas ó guijarros; las gravas se encuentran mas abajo en el curso de las arterias terrestres; por último, las arenas, no solo existen en la desembocadura de los grandes rios y en todo el aparato litoral, sino tambien en casi todos los terrenos terciarios y secundarios.

APLICACIONES.—La construccion, la agricultura y la fabricacion del vidriado y barniz para la loza, encuentran en estas rocas materiales muy útiles.

B.—ARENISCAS

ETIMOLOGÍA.—La palabra arenisca, con que se designan las rocas de que vamos á tratar, revela el elemento principal de que se componen, á saber: la arena; así como la voz asperon con que tambien se distingue, expresa gráficamente uno de sus caractéres mas importantes, la aspereza al tacto.

SINONIMIA.—Asperon, arkosa, metaxita, samita, traumata, grauwacka, molasa, machiño, gonfolita ó nagelfluh, anagenita, sandstein (aleman), sandstone (inglés), pudinga, etc.

DEFINICION.—Las areniscas ó asperones, como se llaman vulgarmente en la Península, representan un grupo de rocas compuestas de granos de diferente tamaño, de sílice pura ó mezclada con otras sustancias; con frecuencia teñidas por óxidos metálicos y reunidos por un cemento ó masa unitiva, como decia Hergen, silícea, feldespática, caliza, ferruginosa ó de cualquier otra naturaleza, de existencia anterior ó posterior á la formacion de aquellos. En general son rocas de tacto áspero; de estructura granujienta, variable segun el tamaño de los elementos que entran en su composicion. Sus colores varían hasta el infinito; presentándose blancas, á veces muy puras y de diferentes tintas, segun los óxidos metálicos que las tiñen.

VARIEDADES.—Las areniscas, como las demás rocas que hemos descrito, ofrecen un gran número de variedades, dependientes unas de su estructura y del tamaño de sus elementos, y otras de las sustancias que se encuentran en su composicion. Las hay comunes, compactas, lustrosas, pizarrosas, pudingas y aun brechas, cuando el tamaño de los fragmentos es mayor y de formas redondeadas ó angulosas;

tambien existen variedades feldespáticas (arkosa y metaxita) compuestas de feldespato puro ó alterado; arcillosas (samita, arenisca carbonífera y traumata) por la mezcla de arenas y arcilla; micáceas (samita y grauwacka en parte); calizo-arcillosas (machiño y gonfolita); ferrífera y poligénica, que es cuando un cemento arenoso aglutina fragmentos de toda clase de rocas.

Admitido este modo racional de considerar las variedades de las areniscas, propuesto con mucha oportunidad por el señor Coquand, podrian desterrarse del lenguaje científico una porcion de voces que pueden inducir en error; y aunque esto no sea posible llevarlo á cabo en muchas, por el asentimiento unánime de los geólogos de todos los paises, debe, sin embargo, hacerse respecto de algunas, tales como grauwacka, metaxita, mimófido y otras, tanto porque no expresan su composicion, cuanto porque algunas, como la grauwacka, se aplicaba en otro tiempo mas bien á un terreno que á una roca.

DIVISION.—Atendiendo á la naturaleza de la arena y al cemento que une á sus granos, generalmente se admiten las areniscas siguientes:

a.—ARENISCA CUARZOSA

DEFINICION.—Esta arenisca es, digámoslo así, el tipo de la especie; pues consta de granos de cuarzo, de tamaño diferente, unidos por un cemento silíceo, con algunas materias extrañas, tales como óxidos de hierro, que la tiñen de diferentes colores, algo de caliza, hojuelas de mica, etc.

CARACTERES.—A mas del tacto, que en esta es mas áspero que en las otras, este asperon se distingue por las variadas tintas que ofrece, siendo las mas comunes el blanco gris, algo sucio, uniforme ó alterado á veces por óxidos de hierro que le dan una coloracion rojiza ó amarillenta, igual, rameada en fajas ó zonas, etc. La estructura es generalmente compacta; el grano variable, llegando á ser tan fino, que parece como fundido en la masa del cemento; en cuyo caso la fractura es concoidéa, y con brillo ó lustre, lo cual hace que se la llame *arenisca lustrosa*.

YACIMIENTO.—Esta arenisca se encuentra en los terrenos cretáceos y terciarios, y á veces tambien como variedad en la base del trias, segun se observa, por ejemplo, en muchos puntos de Sierra Espadan (Castellon).

LOCALIDADES.—Como puntos clásicos para esta roca, podemos citar los de Beauchamps y Fontainebleau, alrededores de Paris, en cuyo último punto no solo se observa la variedad lustrosa y concrecionada, sino, lo que es mas singular, la cristalizacion por efecto de la seudo-morfósis que ha sufrido la arenisca al reemplazar á la materia caliza cuya forma afecta, hecho curioso que he tenido igualmente ocasion de ver en la arenisca triásica de Stuttgart. En España se encuentra en varios puntos de la zona cretácea de Castellon, Teruel y Valencia, en cuya primer provincia llaman *saldó* á las arenas que resultan de su alteracion.

b.—ARENISCA FERRUGINOSA

Cuando la materia ferruginosa, en vez de limitarse á teñir la masa de la roca, se convierte en elemento mineralógico principal, resulta la arenisca que llamamos ferruginosa, en la que todavía queda bastante materia silícea. De aquí resulta que el yacimiento y las relaciones geognósticas suelen con frecuencia ser las mismas que en la anterior.

LOCALIDADES.—En España es bastante frecuente esta arenisca, particularmente en los terrenos cretáceo y terciario, como se observa en Estercuel, Gargallo, Josa, y otros puntos de la provincia de Teruel; en Ramales, Algorta, Zugastieta y otros puntos de Vizcaya, segun el Sr. Collette. Schulz asegura encontrarse al oeste de Goyan, y al este de Monfurado del Sil, y en muchas otras localidades que se omiten por brevedad.

c.—ARENISCA VERDE

El nombre que lleva esta roca revela uno de sus principales caractéres, que consiste en el predominio que en ella adquiere la clorita (silicato de hierro), á cuya sustancia debe la coloracion mas ó menos intensa que ofrece: el elemento silíceo y el calizo no se hallan por esto excluidos de dicha roca, de la que suele formar parte muy principal y hasta el cemento mismo.

YACIMIENTO.—Esta roca suele encontrarse en la base de los terrenos terciarios; siendo tal su desarrollo hácia la parte media del terreno cretáceo, que sirve en general de límite entre el horizonte superior y el inferior.

LOCALIDADES.—Alcalá de Chisvert, Cinctorres, Morella (Castellon), Rubielos de Mora y Molina, etc. (Teruel), Infantes en Ciudad-Real y otras muchas.

d.—MOLASA

Esta arenisca, así llamada de *molle*, blando, en italiano y francés, muy parecida á la anterior por su coloracion, debe el nombre que lleva al estado que ofrece al salir de la cantera, y á la facilidad con que entonces se deja tallar.

DEFINICION.—Esta arenisca se compone de granos, generalmente finos, de cuarzo, mezclados con partículas de feldespato, caliza y mica, algo de talco y serpentina, fragmentos de conchas y otras enteras, todo reunido por un cemento margoso ó calizo.

CARACTERES.—Por esta última circunstancia suele la molasa hacer efervescencia tratada con los ácidos; su coloracion es verdosa, la consistencia escasa en general, algo friable, sobre todo, despues de perdida el agua de cantera.

YACIMIENTO.—Esta roca se halla tan desarrollada en el terciario medio, en Suiza y otras regiones, que ha comunicado su nombre á dicho terreno.

LOCALIDADES.—Además de la Suiza y de muchos otros puntos en el extranjero, se encuentra la molasa en Peñarroya (Córdoba), cerca de Ruidera, el Sotillo y Torrecuadrada (Guadalajara), en Monzon, etc.

APLICACIONES.—Sobre ser muy curiosa por el considerable número de restos orgánicos que contiene, puede asegurarse ser esta una de las mejores piedras de construccion en Suiza, cuyas principales ciudades, tales como Berna, Saint-Gall, Lausana y otras, ostentan hermosos edificios públicos y particulares, levantados con esta piedra.

e.—GONFOLITA

En Suiza es muy comun ver asociada la molasa á un conglomerado de chinas ó cantos mas ó menos gruesos, de igual ó diferente composicion que ella misma, á la que Brongniart llamó gonfolita, que es la version al griego de la palabra alemana *nagel fluh*, ó sea reunion de cabezas de clavo, con que la conocen los alemanes.

YACIMIENTO.—La gonfolita acompaña casi siempre á la anterior en los terrenos terciarios, como se observa en varios puntos de Suiza, y tambien, segun el Sr. Cortina, en Ramales y el Sotillo, y en las famosas Tetas de Viana, segun el Sr. Verneuil.

f.—MACHIÑO

El machiño es una arenisca muy análoga á la molasa en cuanto á su naturaleza, pero de posicion geognóstica distinta.

DEFINICION.—Se compone de granos de cuarzo, asociados en mayor ó menor proporcion al feldespato, con hojuelas de mica y diversas sustancias accidentales, reunido todo por un cemento de marga endurecida con frecuencia, por un principio de metamorfismo, lo cual la distingue tambien de la anterior.

CARACTÉRES.—Entre los colores de esta roca, siquiera variables, suelen predominar los verdes, pero de tintas mas bajas que la molasa y la clorita; es mas consistente que estas; de estructura compacta y menos permeable; á veces el predominio de la mica le comunica el aspecto hojoso ó pizarroso.

YACIMIENTO.—El machiño pertenece al terreno terciario inferior ó numulítico, recibiendo con frecuencia el nombre de arenisca de *Fucus*, por la abundancia con que en ella suelen presentarse estas plantas fósiles. Los suizos la llaman tambien arenisca de Tavigliana, nombre de una localidad, no léjos de Ginebra, donde tuve el gusto de estudiarla en compañía del Sr. Studer.

LOCALIDADES.—Esta roca es muy abundante en Suiza, Saboya y los Apeninos. En España no es rara en el terreno numulítico de Cataluña, hallándose asociada tambien á esta roca, una especie de gonfolita ó almendron, en el famoso Montserrat.

g.—ARKOSA

SINONIMIA.—Arenisca feldespática, metaxita, hyalomita y pegmatita, en parte, segun Omalius.

DEFINICION.—Dáse el nombre de arkosa á una arenisca singular, formada de granos cuarzosos, mezclados con otros de feldespato con algo de arcilla y otras sustancias cementadas por la sílice. Si la parte feldespática se halla algo descompuesta, merece segun Cordier, el nombre de metaxita.

YACIMIENTO.—Las íntimas relaciones que esta roca tiene con los granitos y hasta su propia naturaleza, no solo dan un indicio claro del yacimiento, sino de su procedencia, que no es otra sino la descomposicion del granito y la recomposicion en puntos no muy lejanos. No se crea, sin embargo, por esto, que pertenezca propiamente á los terrenos graníticos, pues se la encuentra formando parte de los de sedimento, así primarios ó paleozóicos, como mesozóicos, subiendo hasta la base del jurásico, segun pude ver en Avallon (Francia), cuyos ejemplares, recogidos por mí, se encuentran en el Gabinete de Historia natural, con la particularidad de llevar gran número de impresiones de la *Ostrea arcuata*, del *Spirifer Valcoti* y otros fósiles característicos.

LOCALIDADES.—Además de la ya citada, se encuentra en otros muchos puntos del extranjero, y en España, segun el Sr. Cortina, se encuentra en Bonabal (Guadalajara), en Cabanillas (Madrid) y en Manzanares de la Sierra, en relacion con los granitos, el gneis y las pizarras.

h.—SAMITA

ETIMOLOGIA.—La palabra samita viene del griego *samos*, arena, y *litos*, piedra, de modo que, por lo visto, es nombre mas bien genérico que específico; esto no obstante, se aplica mas especialmente á rocas areniscas de terrenos secundarios y primarios.

SINONIMIA.—Rodeno en Castellon y Valencia, arenisca roja antigua y moderna, arenisca abigarrada, traumata y grauwacka en parte.

DEFINICION.—Bajo el nombre samita entienden los autores muchas areniscas, y hasta conglomerados, conocidos bajo las denominaciones vagas que acabamos de apuntar, y que han contribuido bastante á introducir la confusion, no solo en el lenguaje, sino hasta en la ciencia misma. Todas, en general, se hallan compuestas de materiales silíceos, asociados á materias arcillosas y á mica, constituyendo el cemento la sílice ó el feldespato.

CARACTÉRES.—Los colores de esta roca son variables, si bien predominan las tintas rojizas mas ó menos intensas, uniformes ó pintarrajadas, y de aquí el llamarse areniscas rojas antigua y moderna, abigarrada, etc. La estructura, aunque granujienta como la de todas las areniscas, cuando adquieren alguna importancia las arcillas ó la mica, toma el aspecto pizarroso y tabular; á veces el tamaño de los materiales es considerable, en cuyo caso se la llama brecha y pudinga, almendron ó almendrilla, y tambien grauwacka.

YACIMIENTO.—Las diversas variedades de esta roca se encuentran, por regla general, en los terrenos paleozóicos mal definidos antes bajo las denominaciones de terrenos de la Grauwacka, de transicion, de la arenisca roja antigua, etc. Tambien forman la base ó piso inferior del trias entre los secundarios, y es á la que han llamado arenisca roja moderna, para distinguirla de la otra, que corresponde al terreno devónico. Algunas veces puede encontrarse tambien en terrenos mas modernos.

LOCALIDADES.—Esta roca es muy comun en todos los países donde abundan los terrenos indicados, y en España en particular se la ve en Sierra Espadan, en el desierto de las Palmas (Castellon), en Portaceli, en el Puig, de donde se extrae toda la piedra para las obras modernas del puerto de Valencia, y en mil otros puntos.

APLICACIONES.—Esta piedra se emplea en la construccion, para la cual reune excelentes cualidades, y tambien para el empedrado, á cuyo fin se elige el ródeno compacto: el de estructura tabular se emplea mas comunmente para las aceras, como se ve en Valencia, para bancos de jardines y como piedra de tejar.

i.—ARENISCA CARBONÍFERA

SINONIMIA.—Verrucano, Grauwaka en parte, etc.

DEFINICION.—Aplícase este nombre á una arenisca formada de granos, y á veces de cantitos de mayor tamaño, cuarzosos, mezclados con fragmentos de pizarra arcillosa y de materias bituminosas, cementado todo por una materia silícea, feldespática ó arcillosa.

CARACTÉRES.—Los colores de esta roca son muy variables, presentándose unas veces gris ó de un blanco sucio, otras rojo ó de heces de vino; la estructura es granosa, brechiforme y de pudinga. A veces el feldespato se presenta en granos pequeños, y si estos han sufrido alguna alteracion, salpican la masa de la roca de puntos ó manchitas blancas, amarillentas ó rojizas características.

YACIMIENTO.—Esta roca es propia del terreno carbonífero ó de la ulla.

LOCALIDADES.—En general se encuentra en todos aquellos puntos en que existe el horizonte medio de este terreno, y en especial en España, en los criaderos de Asturias y Leon, en los de Belmez y Espiel, San Juan de las Abadesas, etc.

j.—ITACOLUMITA

ETIMOLOGIA.—El nombre de esta roca nos recuerda el de la montaña de Itacolumi en el Brasil, de donde procede

SINONIMIA.—Arenisca elástica del Brasil.

DEFINICION.—La itacolumita es una arenisca formada de granos de cuarzo hialino, micáceo, cementado por la propia sílice.

CARACTERES.—Esta roca se presenta generalmente de colores claros, blanco ó gris sucio, de estructura en pequeño compacta, en grande tabular; es porosa, pero de poros muy sutiles, á cuya circunstancia y al modo particular de entrelazarse sus elementos, debe uno de sus caractéres mas curiosos, á saber: la elasticidad, que justifica uno de los nombres que lleva.

YACIMIENTO.—Esta roca pertenece, segun Humboldt, al terreno silúrico del Brasil, y se encuentra en la llamada Sierra del Grammagoa y de Itacolumi, con la particularidad de constituir uno de los mas antiguos criaderos de diamante.

LOCALIDADES.—Además de la indicada, el Sr. Schulz dice haberla visto en varios puntos de Galicia, particularmente en la Rúa de Foz, al norte de Mondoñedo, en Lousada, etc.; lo que no dice es si encontró en ella tambien diamantes.

APÉNDICE.—MAGNESITA

SINONIMIA.—Espuma de mar, piedra loca.

Como apéndice á las rocas de sedimento normal, vamos á describir la magnesita, roca de orígen dudoso, y de posicion geognóstica no muy clara, pero que atendida su importancia merece darla á conocer.

DEFINICION.—Como su mismo nombre indica, esta roca es un silicato hidratado de magnesia, mezclado con otras sustancias, y particularmente, con el carbonato de la misma base.

CARACTERES.—El color de esta roca es blanco, muy limpio cuando pura, otras veces es gris sucio; la estructura, algo porosa, el tacto áspero en la fractura natural, muy suave despues de labrada; cuando sale de la cantera es muy pesada por efecto de la mucha agua que lleva, haciéndose despues tan ligera, que ha merecido el nombre de piedra loca.

YACIMIENTO.—La magnesia se presenta en capas intercaladas en las del terciario, como sucede en Vallecas; otras veces en masa y tambien en nódulos, vetas ó filones, intercaladas ó empotradas en rocas serpentínicas, como se ve en muchos puntos del Piamonte.

LOCALIDADES.—La primera que se descubrió y que se empleó en Europa, fué la de Natolia, donde en un principio creíasela producto de las aguas, y por eso se la llamó espuma de mar: despues se ha encontrado en otros puntos, y en particular en España, en Vallecas, donde se halla asociada al silex molar del terreno terciario en condiciones muy curiosas de yacimiento, y en otros puntos.

APLICACIONES.—La magnesita ordinaria se destina á la fabricacion de hornillos y vasijas bastante refractarias; la variedad mas bella por la finura de su grano y el color blanco agradable que ofrece, se destina á la fabricacion de pipas, boquillas para fumar y objetos de adorno de muy buen efecto.

SEGUNDO ÓRDEN

Neptúnicas metamórficas

DEFINICION.—Llámase rocas metamórficas, en la verdadera acepcion de la palabra, á todas las de sedimento que han sufrido posteriormente á su formacion modificaciones mas ó menos profundas. Para algunos autores esta definicion es demasiado concreta, debiendo extenderse, segun ellos, no solo á las rocas descompuestas, sino tambien á las ígneas en general que han sufrido algo en su aspecto exterior ó en su composicion. Otros geólogos, dejándose llevar de ciertas teorías, niegan la existencia del metamorfismo, y por consiguiente no admiten las rocas de este grupo. No adoptando ninguno de estos extremos, creemos colocarnos en el terreno de la verdad práctica, asignando á las metamórficas los siguientes

CARACTÉRES.—Siendo de sedimento en su orígen, se presentan estas rocas en bancos ó capas, y ofrecen tambien fósiles en su seno; pero por efecto de las alteraciones sufridas, ni aquellas afectan la regularidad que las normales, ni el número y conservacion de los fósiles es igual al de estas.

Por otra parte, lo que mas las distingue son sus relaciones con materias eruptivas ó con fenómenos termales, y la continuidad con las rocas de sedimento normal, de las que aquellas representan la trasformacion.

DIVISION.—Las rocas metamórficas se dividen en tres grupos, á saber: 1.° las cristalofílicas; 2.° las de sedimento químico, y 3.° las de sedimento mecánico.

PRIMER GÉNERO.—CRISTALOFILICAS

ETIMOLOGIA.—El nombre que lleva este grupo deriva de dos raíces griegas, á saber: *cristallos*, cristal, y *phylon*, hoja; lo cual recuerda uno de sus rasgos mas característicos, segun se verá en la descripcion.

CARACTÉRES.—Además de los señalados á las rocas metamórficas en general, estas se distinguen principalmente por su estructura, que participa á la vez de las cristalinas por el estado particular de sus elementos constitutivos, y tambien de la hojosa y tabular propia de muchos productos de sedimento. Si á esta consideracion se agrega el número considerable de sustancias extrañas, particularmente metálicas, susceptibles algunas de explotacion, se tendrá una idea clara de la importancia de este grupo, el cual consta de dos especies principales, ó mas bien de una especie y de un grupo de otras.

Gneis

ETIMOLOGIA.—Esta palabra ha pasado del lenguaje usual de los mineros sajones al dominio de la ciencia. Es, de consiguiente, voz de orígen germano.

SINONIMIA.—Granito pizarroso de muchos autores, granito veteado, etc.

DEFINICION.—La palabra gneis se aplica á una roca fanerógena de procedencia plutónica ó de sedimento, compuesta esencialmente de feldespato ortosa laminar y mica, presentando á veces como elementos accesorios el cuarzo, el granate, talco, anfíbol, y hasta materias orgánicas fósiles, lo cual justifica su naturaleza neptúnica, en parte.

CARACTÉRES.—La estructura de esta roca es, mirada en pequeño, hojosa, laminar ó pizarrosa; y en grande, tabular ó en lajas. A veces los elementos se presentan muy atenuados, y entonces el aspecto imita mucho al del granito, mientras que otras se halla salpicada su masa de cristales de feldespato, y adquiere la estructura aporfidada.

El color de esta roca es variable, dependiente sobre todo del feldespato, y aun de la mica tambien, á la que debe en particular el brillo ó lustre casi metálico que suele ofrecer.

La dureza depende tambien del elemento que predomina, pues si es la mica no es considerable, y aun cuando adquiere mas importancia el feldespato, la estructura misma hace que resista poco á los agentes exteriores.

VARIEDADES.—Entre la multitud de variedades que puede ofrecer esta roca por coloracion, estructura, etc., hay

dos que son las mas importantes, y son las que se fundan en el distinto

YACIMIENTO.—El gneis se encuentra, con efecto, en dos órdenes de condiciones; esto es, asociado á las rocas graníticas ó cristalinas, á las cuales pasa por tránsitos insensibles por la adicion del cuarzo, en cuyo caso, antes de llegar á constituir un verdadero granito, puede considerarse como el abortado; y otras como verdadera roca de sedimento con restos orgánicos característicos, en la base del terreno llamado silúrico, segun resulta de los descubrimientos del Sr. Murchison en Inglaterra, de Sismonda en Italia, y de muchos otros.

Confirma este último yacimiento el hecho curioso de encontrarse como subordinadas al gneis, masas de caliza sacaroidea, de cipolinos, areniscas, conglomerados, y otras de orígen de sedimento, y la presencia en su seno del grafito y antracita, verdaderas sustancias de procedencia vegetal.

LOCALIDADES.—Esta roca es muy comun en el norte y centro de Europa, y tampoco escasea en la Península: Schulz la indica con efecto, en muchos puntos de Galicia; en la Sierra de Guadarrama abunda sobremanera, bastando citar las minas de Hiende-la-encina, enclavadas en esta roca, para dar una idea de su importancia; en la provincia de Almería, en Sierra Almagrera y Monroy, en la Sierra de Aguas en cuyo arroyo de Luis Gomez (Málaga), dice La Cortina, encontrarse la variedad grafítica, y en muchos otros puntos el gneis es abundante.

APLICACIONES.—El gneis, si bien en razon á su estructura es mala piedra de construccion, por esta misma circunstancia es fácil de descomponer, suministrando algun kaolin, y tierras crasas, útiles para el arbolado y cereales. Sin embargo, la importancia del conocimiento de esta roca estriba en el número considerable de sustancias metálicas que en ella se encuentran, y en las muchas aguas minerales y termales que por entre sus grietas y fallas aparecen; por cuya razon puede considerarse como la roca industrial y balnearia por excelencia.

GRUPO DE LAS PIZARRAS

La palabra pizarra, de uso hasta vulgar entre nosotros, es á mi modo de ver preferible á la de esquisto que algunos usan, y representa, mas que una especie de composicion definida, un grupo de rocas de naturaleza distinta, aunque pasando unas á otras por tránsitos insensibles, cuyo carácter principal consiste en la estructura que por excelencia se ha llamado pizarrosa, representada por hojas ó láminas delgadas, uniformes unas, desiguales otras, y que con frecuencia se cuartean en sentido opuesto á la estratificacion, constituyendo lo que se llama en la ciencia planos de juntura y de crucero, que se darán á conocer en el estudio de la Estratigrafía.

Muchas de ellas se presentan de aspecto pétreo ó terroso; pero en otras la estructura es cristalina, imitando perfectamente la del gneis y de algunos granitos.

La asociacion de muchas sustancias metálicas y de piedras finas, tales como turmalinas, granates, etc., completa con la dislocacion de sus estratos y la existencia de fallas ó saltos que ofrece su yacimiento, los caractéres que distinguen á estas rocas. Muchas son sus especies, pero nosotros nos limitaremos á las mas principales, empezando por las que mayor analogía guardan con el gneis.

Pizarra micácea

SINONIMIA.—Micacita, micaslata, gneis micáceo, leptinita pizarrosa, maclina, hyalomicta pizarrosa, glimmerschiefer en aleman, etc.

DEFINICION.—Roca esencialmente compuesta de cuarzo y mica, á cuyos elementos suele asociarse accidentalmente el feldespato ortosa, la turmalina, el granate, la macla, y á veces masas subordinadas de calizas sacaroidéas, dolomias y otras especies.

VARIEDADES.—Comun, en la que el cuarzo y la mica aparecen distribuidos con uniformidad; cuarzosa y feldespática, cuando las dos especies alternan con la mica, estableciendo el tránsito á la hyalomicta y á la leptinita pizarrosa ó al gneis: granatífera, turmalinífera, grafítica, oxidulífera, por otro nombre itabirita y sidorecrista, etc.

YACIMIENTO.—Estas pizarras representan el primer término de las rocas pizarrosas despues del gneis, como lo acreditan los frecuentes tránsitos que entre ellas se establecen. En general estas pizarras se hallan relacionadas con el terreno granítico por una parte, mientras por otra, la presencia del grafito, de la antracita y de algunos restos orgánicos en su masa, así como el tránsito á las demás pizarras hasta la arcillosa inclusive, acreditan ser verdaderas rocas de sedimento profundamente alteradas.

A pesar de esto, la micacita no se encuentra solo en los terrenos paleozóicos, pues sobre todo en los Alpes llega á formar parte hasta del jurásico, y segun Mitcherlitz, en los volcanes del Eifel algunos pedazos de pizarra arcillosa, influidos por la lava, han pasado á micacita, hecho que he podido yo confirmar igualmente en los antiguos volcanes del Lacio y en la Somma.

Otra de las condiciones que distinguen el criadero de esta roca, cualquiera que sea el terreno de que forme parte, es la multitud de repliegues y ondulaciones de sus elementos constitutivos; así como los muchos y notables accidentes, tales como saltos, fallas y resbalamientos, que ofrecen las comarcas en que abunda.

LOCALIDADES.—La micacita es muy frecuente en los Alpes, en los Vosgos, en el Harz, y en muchas otras comarcas de Europa. En la Península no lo es menos, citándose por Schulz en muchas localidades de Asturias y Galicia, y por Maestre en varios puntos de Cataluña; segun Prado abunda en Somosierra; La Cortina la cita en Guadalajara, Extremadura, etc.

APLICACIONES.—La pizarra micácea suele emplearse en tablas ó lajas como piedra de tejar y tambien como morrillo ó ripio en construcciones rurales, pero la verdadera importancia de esta roca consiste en las piedras finas, tales como granates, esmeraldas, corundos, etc., y en los metales susceptibles de explotacion que en ella se encuentran.

Pizarra talcosa

SINONIMIA.—Talcita, pizarra esteatítica, talcschiefer en eleman.

DEFINICION.—Esta roca consta esencialmente de talco y cuarzo, con algo de feldespato, granates, maclas, mica y otras sustancias como accesorias; distinguiéndose principalmente por los colores claros y verdosos y por el tacto untuoso y suave que ofrece.

VARIEDADES.—Comun, en la que el talco y el cuarzo aparecen distribuidos con uniformidad: cuarzosa, que afecta la estructura en fajas por hallarse muy aparentes y como separados el talco y el cuarzo: feldespática, estableciendo el tránsito á la protogina pizarrosa, por presentar el ortosa granoso ó laminar en capas alternadas: granatífera, maclífera, micácea, cálcica, etc., por llevar accidentalmente cristales de granate, macla y mica, y alguna parte de carbonato de cal, y arcillosa en la que la pizarra satinada se mezcla con los elementos de la otra.

YACIMEINTO.—La pizarra talcosa con todas sus variedades, ofrece las mismas condiciones de criadero que la micácea, clorítica, etc. En los Alpes de la Tarantesia se la ve encima del jurásico, formando parte del terreno carbonífero, y en Cabo-Corvo (Golfo de Spezzia), las arcillas del trias aparecen convertidas en pizarras talcosas.

APLICACIONES.—Esta roca suministra excelente ripio, y hasta buena piedra de construccion, como se observa en Toscana; en algunos puntos se la destina como piedra refractaria para el interior de los altos hornos.

Pizarra clorítica

SINONIMIA.—Clorita pizarrosa, cloritos lata, y en aleman cloritschiefer.

DEFINICION.—Esta roca consta de clorita y cuarzo, como elementos esenciales, y además granates, hierro y otras sustancias accidentalmente en su masa: la presencia de la clorita da á esta roca un color verdoso análogo al de la talcosa, pero mas intenso.

VARIEDADES.—Comun, cuando el cuarzo y la clorita se hallan distribuidos por igual; oxidulífera, granatífera, etc., por las sustancias extrañas que lleva.

YACIMIENTO.—Enlazada intimamente con las especies anteriores, esta pizarra es frecuente en los terrenos silúrico y devónico; llegando en algunos puntos hasta los terrenos secundarios.

LOCALIDADES.—El Sr. Schulz indica esta pizarra en varios puntos de Asturias y Galicia; tambien parece encontrarse en algunas localidades de la provincia de Cáceres y en otras regiones.

APLICACIONES.—Iguales á las ya indicadas en las otras especies.

Pizarra anfibólica

SINONIMIA.—Anfibolita pizarrosa, Hornblendenschiefer en aleman, etc.

DEFINICION.—Roca compuesta esencialmente de anfíbol negro y cuarzo, con algo de feldespato á veces, en cuyo caso establece el tránsito á la sienita: la coloracion oscura debida al anfíbol, junto con el peso notable que alcanza, distinguen esta especie de todas las del grupo.

VARIEDADES.—Comun, cuando los elementos que la componen se hallan distribuidos con uniformidad: cuarzosa, si predomina el cuarzo; feldespática, micácea, granatífera, etc., cuando lleva alguna de estas sustancias.

YACIMIENTO.—Enlazada con las anteriores, y especialmente con la micacita, es excusado dar mas detalles acerca del yacimiento de esta pizarra, ni tampoco respecto á sus aplicaciones.

Pizarra arcillosa

SINONIMIA.—Pizarra por excelencia, ampelita, pizarra aluminosa, gráfica, coticular, carbonosa, de tejar, novaculita, sefita, filada, killas, maclina, thonschiefer y alaunschiefer (en aleman), etc.

DEFINICION.—Esta roca, que en rigor debiera considerarse en parte como normal y en parte metamórfica, es por su aspecto la menos cristalina de todas; consta de silicatos aluminosos, difíciles de referir á tipo determinado, asociados á otros de bases diversas y á multitud de sustancias accidentales, que determinan otras tantas variedades.

CARACTÉRES.—Además de la estructura, por excelencia pizarreña, esta roca se distingue de las arcillas pizarrosas, porque ya no se deslie en el agua, y por su mayor dureza. Preséntanse en ellas con mas frecuencia que las anteriores, y de un modo mas perfecto, la estructura en lajas ó tabular, y además los planos de juntura, que dividen los estratos en pedazos rectangulares paralelepípedos, y tambien los de crucero. Los colores de estas rocas son variables, dominando las tintas oscuras, azuladas y hasta negras; las hay tambien rojizas, verdosas, grises y hasta blancas.

VARIEDADES.—Comun, como la de tejar, coticula ó piedra de afilar, de colores generalmente claros y á veces gris por una cara y oscuro en la otra. La estructura, aunque pizarrosa, tiende á hacerse compacta por la finura de su grano; lo cual, unido á su gran dureza, hace se la destine para afilar navajas y toda clase de instrumentos cortantes; pizarra gráfica, por otro nombre ampelita y carburada por la mezcla que lleva de carbon, por cuyo motivo se la destina, cortada en barritas, para el dibujo; grafítica, la que contiene grafito; bituminosa por contener betun, sefita ó arenosa, formando una roca de tránsito á las areniscas y conglomerados, por los granos de arena y cantitos que á veces lleva en su masa; arcilloso-caliza, que hace efervescencia con los ácidos; piritosa y maclífera, por contener piritas ó maclas; fosilífera la que lleva fósiles; filada y killas en inglés, y tambien satinada, porque las hojuelas de mica son muy diminutas y comunican á la roca cierto brillo análogo al satinado; porfiroidéa, cuando lleva cristales de feldespato en su masa; cuarcífera, por hallarse atravesada de venas de cuarzo, etc.

YACIMIENTO.—Esta roca, generalmente hablando, predomina en los terrenos silúrico, devónico y carbonífero, sin que por esto deje de presentarse en terrenos secundarios y hasta terciarios; en cuyo caso, con frecuencia se la ve pasar insensiblemente á las arcillas pizarrosas, y á otras rocas normales, particularmente á las areniscas y conglomerados.

LOCALIDADES.—Son tan numerosas las localidades extranjeras, y aun de España, en que se encuentra esta roca, que me limitaré á las mas principales de las nuestras. Los terrenos silúrico, devónico y carbonífero de Sierra-Morena y todas sus múltiples ramificaciones que se extienden por Ciudad-Real, Jaen, Córdoba, Huelva y Badajoz; los de Asturias, Leon y otras muchas provincias, se hallan principalmente representados por la pizarra de que estamos tratando; siendo notables los criaderos de carbon, cinabrio, fosforita y de otras muchas sustancias útiles que en ella arman. La mayor parte del lápiz, que para el dibujo se consume en Madrid, procede del terreno silúrico de Molina de Aragon, así como la novaculita, ó piedra de afilar, viene de Soria, etcétera.

APLICACIONES.—Como cada variedad de esta roca lleva un nombre relacionado con los principales usos á que se la destina, es por demás entrar en pormenores acerca de esta materia.

SEGUNDO GÉNERO.—ROCAS DE SEDIMENTO QUIMICO

Caliza

SINONIMIA.—Caliza primitiva, mármol sacaroidéo y estatuario, calcífido, cipolino, oficalcia, hemitrema, calcita, ó pizarra caliza, etc.

DEFINICION.—Como su mismo nombre lo indica, esta roca consta de carbonato de cal, casi siempre asociado al de magnesia, y á muchas otras sustancias que llegan á imprimirle carácter, determinando otras tantas variedades.

CARACTÉRES.—Lo que en apariencia distingue mas á esta roca de la normal, es la estructura cristalina ó sacaroidéa análoga al azúcar de pilon; el color generalmente es blanco muy puro; aunque suele tambien presentar tintas

grises, azuladas, amarillentas, etc. Cuando se talla en láminas delgadas, esta roca es traslúcida; tratada por los ácidos, si bien da efervescencia, como quiera que el desprendimiento de ácido carbónico se halla algun tanto entorpecido por la presencia del carbonato de magnesia, es por lo comun mas lenta que en las calizas normales.

VARIEDADES. — Sacaroidéo, estatuario, laminar y céreo, por la modificacion de su estructura y aplicaciones; cipolino, así llamado por los italianos al que contiene hojuelas de mica ó talco, y á veces de ambas sustancias á la vez; anfibolífero, por otro nombre hemitrema, por contener cristales de anfíbol negro; oficalcia ó serpentínico, y tambien mármol verde antiguo, cuando lleva la serpentina en fragmentos sueltos, ó bien mezclada íntimamente con la caliza; granatífero, couceranatífero, dipirífero y grafítico, cuando lleva granates ó couceranita, dipiro, grafito, etc.

YACIMIENTO. — La caliza sacaroidéa, aunque llamada por los antiguos primitiva por efecto de las teorías que á la sazon reinaban en la ciencia, forma parte, no solo de los terrenos primeros de sedimento, como se observa en las masas subordinadas al gneis y pizarras cristalinas, sino que sube en la serie formando parte integrante de ciertos horizontes hasta de los terrenos secundarios terciarios inclusive, como se observa en Carrara y Paros, que corresponden al jurásico. Como accidente, hasta existen en los centros volcánicos actuales, segun he podido ver en el Vesubio y el Etna. Esto quiere decir, que las causas que han contribuido á la singular trasformacion de la caliza comun en cristalina han obrado en todos tiempos. Cuando tratemos del metamorfismo, entraremos en mas pormenores acerca de materia tan curiosa como importante.

LOCALIDADES. — Los mármoles estatuarios mas estimados son el Pentélico y el de Paros (Grecia), de los que se sirvieron los Fidias y Praxíteles para las estatuas que todavía admiramos en los primeros museos de Europa: el de Carrara, Serraveza, Campiglia, isla de Elba, Filfilah (Argelia) y otros: los cipolinos se encuentran en Grecia, isla de Elba, Noruega, Pirineos, Alpes, etc. La oficalcia en Gosseyr (Egipto), Elba, Toscana y otros puntos; la variedad grafítica en Saint-Beat (Pirineos).

En cuanto á la Península, se encuentra este mármol, si bien por desgracia de calidad inferior al griego é italiano, en Macael (Almería), en Urda y Consuegra, en Coin y Cartama (Málaga): segun Schulz, se ve en algunos puntos de Galicia; La Cortina dice que en Casas-buenas (Toledo), y en Robledo de Chavela (Madrid), ha visto el cipolino, y la oficalcia en Reoli, cerca de Alcaraz, en varios puntos de Granada y en otras localidades.

APLICACIONES.—La principal aplicacion de este mármol es á la estatuaria, para lo cual el de Carrara ofrece ventajas incuestionables sobre el griego que usaban los antiguos; tambien se destina á pilas, chimeneas, mesas y otros objetos de adorno. El que desee mas pormenores acerca de esta materia, puede consultar mi *Manual*, donde se dan noticias muy curiosas.

Dolomia

ETIMOLOGIA. — El nombre que lleva esta roca recuerda al célebre mineralogista francés Sr. Dolomieu.

SINONIMIA. — Caliza manganesífera, miemita, hasche, espato pesado y espato pardo (1).

(1) Por una singular aberracion de lenguaje, se tradujo por alguno de nuestros mineralogistas, el nombre *Spat brun* de los franceses, por Bruno espato, expresion que, aunque adoptada por mi distinguido maestro D. Donato García, creo debe desterrarse del lenguaje científico español.

DEFINICION. — Esta roca, que á la manera de la pizarra arcillosa puede considerarse unas veces como de sedimento químico normal, y otras como verdaderamente metamórfica, se compone de un doble carbonato de cal y de magnesia á los que se asocian accidentalmente diferentes especies minerales.

CARACTÉRES. — La estructura de esta roca, aunque algunas veces cristalina, como sucede en la de San Gotardo, por lo comun es granosa, entre celular y compacta, no muy consistente; de colores varios, entre el gris amarillento y blanco sucio: su peso específico es mayor que el de la caliza, y de ahí el llamarla algunos espato pesado: por último, la efervescencia lenta que da, tratada por los ácidos, efecto de la interposicion del carbonato de magnesia, completa el cuadro característico de esta roca.

VARIEDADES. — Cristalizada, á la que propiamente se puede llamar espato pesado, cuyo caso es del dominio del mineralogista: á veces en las mismas variedades granujientas ó compactas aparecen en las oquedades pequeñísimos cristales de esta sustancia, lo cual puede dar idea de las diferentes condiciones en que se ha encontrado la roca. Hay tambien Dolomias sacaroidéas, térreas, compactas, cavernosas y en brecha, á cuya variedad llaman en Suiza carniola, por su estructura; por fin, las hay esteatíticas, anfibolíferas llevando otras piritas de hierro y cobre, rejalgar, Dufrenoysita, etc., constituyendo otras tantas variedades.

YACIMIENTO. — Esta especie se encuentra unas veces en masas subordinadas á pizarras cristalinas, enlazada con rocas ígneas, y hasta en los terrenos volcánicos; y otras se ofrece á nuestra consideracion en grandes bancos formando parte de algunos terrenos de sedimento, como en el horizonte llamado zechstein, en el pérmico, en el muschelkak del trias, en las margas irisadas de este terreno, asociada á la sal gema, al yeso y á la anhidrita; en el terreno jurásico, y hasta en el cretáceo superior, segun puede verse en los ejemplares traidos por mí de los alrededores de Paris.

LOCALIDADES. — Siquiera no tan abundante como la caliza, es sin embargo la Dolomia, roca comun en los horizontes citados y en otros muchos. Entre todas las localidades de Europa merece el primer lugar la de San Gotardo, no solo por su bello color blanco y estructura cristalina, cuanto por la presencia en las oquedades de cristales de la misma y de rejalgar, pirita de hierro y cobre y la Dufrenoysita, especie rara y que solo aparece en los Alpes en esta roca: á veces suele presentar el anfíbol blanco ó verde claro, llamado gramatita, la distena ó bellos cristales de cuarzo; de cuyas sustancias todas tuve el gusto de traer preciosos ejemplares, que figuran en mis colecciones.

En los famosos distritos de Traversella y Tolfa se halla, y la he traido cristalizada. En el terreno pérmico de la Alemania é Inglaterra es abundante la variedad terrosa, así como en la isla de Elba y otras localidades de Toscana se halla en diferentes estados. En la Península se la ve en casi todas las localidades del terreno triásico, casi siempre relacionada con rocas serpentínicas y con dioritas, á cuya erupcion tal vez pueda atribuirse la trasformacion de esta roca, si verdaderamente es metamórfica; debiendo citar como localidades Carlet, Manuel, Villena, Arcos, Jarafuel, Manzanera y muchos otros puntos. En Pancorbo forma parte del terreno terciario, en relacion con el yeso y la sal gema, etcétera, etc.

APLICACIONES. — La variedad sacaroidéa de esta roca se emplea como mármol estatuario; la de San Gotardo es apreciada por la variedad de sustancias que contiene, la compacta puede destinarse á piedra de construccion; las terrosas sirven por la arcilla que contienen para cementos

hidráulicos y buenos mejoramientos de ciertas tierras: por último, hay que evitar en lo posible las aguas procedentes de materiales dolomíticos, por las malas cualidades que la magnesia les comunica.

Yeso, anhidrita

SINONIMIA.—Cal sulfatada hidratada y anhidra, selenita, alabastro yesoso, vulpinita y karstenita.

DEFINICION.—Aunque en rigor estas dos especies sean distintas, se describen como una sola por la relacion geognóstica que las enlaza: ambas á dos son sulfatos de cal, con la única diferencia de ser el uno hidratado y el otro anhidro.

CARACTÉRES.—Una y otra, y sobre todo el yeso, se distinguen por su poca dureza rayándose hasta con la uña; los colores son generalmente claros, predominando el blanco y el gris, aunque no deja de presentarse á veces algo rojizo, verdoso y hasta negro.

La anhidrita suele presentarse de tintas amarillentas y terrosas. La estructura del yeso en particular es fibrosa, compacta, en cuyo caso constituye el alabastro; y tambien á veces hojosa y laminar, dejando aparte las formas cristalinas que son mas bien del dominio del mineralogista.

El peso de esta especie es mayor que el de las rocas calizas; por último, no da efervescencia tratada por los ácidos: sometiéndola á la accion del soplete se convierte en una sustancia blanca y friable por efecto de la pérdida del agua de combinacion que contiene.

VARIEDADES.—Cristalizado, sacaroidéo, compacto, fibroso y bacilar por su estructura. Calizo, arcilloso, sulfurífero, micáceo, etc., por las sustancias que suele contener accidentalmente.

YACIMIENTO.—El yeso puede presentarse como roca de sedimento normal químico, y tambien como metamórfico, ofreciendo en uno y otro caso condiciones análogas á las indicadas en las Dolomias. Así, cuando aparece en bancos ó capas alternando con arcillas, calizas, ú otras rocas cualesquiera, como sucede por ejemplo en los terrenos terciarios de Madrid y Paris, puede asegurarse que en la mayoría de los casos es resultado de la sedimentacion química normal, producida por el aposamiento de materiales calizos en aguas sulfurosas, mientras que si, por el contrario, se presenta en grandes masas subordinadas á otras rocas á continuacion de un terreno calizo con señales de dislocacion y conductos de salida de aguas minerales, y por último, cuando se le ve, como he observado en el cráter del Vesubio y en el azufral de Pozzuolo, de donde traje ejemplares muy instructivos, en todos estos casos el yeso puede considerarse como roca metamórfica. En ambas condiciones se presenta tambien la anhidrita, siendo, no obstante, mas frecuente producto de acciones físicas ó químicas cuyo resultado fué robar el agua que, químicamente combinada, lleva el yeso. Lo singular del segundo yacimiento de estas especies, es su casi constante asociacion con la sal comun, las Dolomias y el azufre, de cuyo último caso he visto ejemplares notables en las rocas volcánicas del Etna, Vesubio y Pozzuolo, y singularmente en los criaderos de azufre de Lorca, donde se ven dentro de cristales trasparentes de yeso, bellos octaedros de azufre, como si dijéramos asociados el padre, que es el azufre, combinándose con el oxígeno, y el hijo, que es el yeso, producto ambos de reacciones químicas terrestres.

Otra consideracion que viene á confirmar el metamorfismo del yeso, ó sea la conversion de rocas calizas en sulfatos de cal, es la relacion que se nota en muchos depósitos entre esta sustancia y rocas eruptivas, particularmente con anfibolitas, serpentinas, labradófidos y demás del grupo porfídico, feldespático y magnésico, y la presencia en su masa de la mica, del talco y hasta de la esmeralda, como se observa cerca de Blidah (Argelia).

En uno y otro caso se encuentra el yeso, con preferencia á la anhidrita, en muchos terrenos de la serie primaria, secundaria y terciaria, siendo por regla general mas comunes los metamórficos en terrenos antiguos: los normales en los medios y modernos.

LOCALIDADES.—Circunscribiéndonos en este punto á la Península, podemos asegurar ser bastante comun esta especie en sus dos órdenes de criaderos; así, por ejemplo, todo el que se explota en los terrenos terciarios de Madrid, en Murcia y otras provincias pertenece al normal; mientras que el de Niñerola (Valencia), notable por su belleza, el de las Agujas de Santa Agueda en Castellon, y muchos otros pertenecen á formaciones metamórficas del terreno terciario, del trias, etc.

APLICACIONES.—La aplicacion mas comun é importante del yeso es á la construccion, y tambien para el moldeado en la escultura. La variedad llamada alabastro yesoso, se emplea en objetos de adorno y hasta para la estatuaria, como sucede en Florencia, donde se labra el famoso alabastro de Volterra, y en Valencia el no menos precioso de Niñerola, del que se sirvieron D. Hipólito Rovira y D. Ignacio Vergara para levantar la famosa fachada del palacio del marqués de Dos Aguas, notabilísima por mas de un concepto. La variedad laminar, cuando da grandes hojas, solia emplearse en lo antiguo, y aun hoy en algunas localidades, particularmente en las iglesias, en sustitucion de las vidrieras. Por último, en los prados y tierras destinadas á plantas leguminosas y de forraje es un excelente abono, ora se emplee crudo ó bien cocido.

Alunita

SINONIMIA.—Aluminita, piedra de alumbre, alaunstein, etc.

La analogía de la causa que les dió orígen, me obliga á decir dos palabras acerca de esta roca, compuesta de alumbre, á continuacion del yeso.

VARIEDADES.—La alunita se presenta compacta, estalactífera, cavernosa, terrosa y brechiforme.

YACIMIENTO.—Esta es una roca esencialmente metamórfica producida, como el yeso, por la reaccion del ácido sulfhídrico; con la sola diferencia de ser las pizarras arcillosas y los productos volcánicos, principalmente las traquitas, las rocas matrices, en vez de las calizas, de que procede aquel. Encuéntrase en el terreno jurásico y en los volcanes apagados, en los azufrales y lagonis, en donde está hoy en via de formacion, á expensas de los silicatos de alúmina y potasa, que encuentran á su paso los vapores sulfurosos.

LOCALIDADES EXTRANJERAS.—Las alunitas mas famosas por el alumbre que suministran, son las de Montioni, Campiglia, la Tolfa, Pozzuolo y Sicilia, en Italia; las de Hungría y Mont Dore, procedentes de terreno traquítico, etc.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—El distrito mas rico en la Península es el de Mazarron, en donde se explota en gran escala y es de excelente calidad; tambien procede de la descomposicion de traquitas.

APLICACIONES.—La alunita sirve para la extraccion del alumbre, cuyos usos son bien conocidos de todo el mundo.

Sal comun

DEFINICION.—La sal comun es el cloruro sódico puro ó teñido de distintos colores por sustancias bituminosas ú orgánicas, y á veces tambien por óxidos de hierro que des-

aparecen, ó por lo menos el análisis no revela su presencia cuando se pulveriza ó disuelve en el agua, hecho notable y hasta el presente sin explicacion.

Caractéres.—Presenta esta roca un carácter que por sí solo bastaria para distinguirla de todas las demás, y es el sabor salado particular que ofrece: los colores son varios, blanco, rojizo, amarillento y azul; la estructura unas veces es compacta, otras terrosa, tambien fibrosa y cristalizada en el sistema cúbico; por último, en el agua fria se disuelve con igual facilidad que en la caliente.

Variedades.—Sal gema laminar, en masas de estructura hojosa, ó laminar como se presenta en Bex (Suiza), en Vic (Francia), en Wieliezka (Rusia), etc. Sal gema lamelosa por ofrecer hojas mas pequeñas que la anterior, segun se ve en Bex, Melilla, provincia de Constantina, Wieliezka y en muchos otros puntos. Sal gema granular, de aspecto sacaroidéo y granos como irisantes, tal como se nota en algunos ejemplares procedentes de Cardona, Wieliezka, Lumburgo (Hannover), Bex, Canadá, etc. Sal gema fibrosa, de fibras ora rectas y paralelas, ora divergentes, segun puede observarse en Vic, Melsey, Melilla, etc. Sal gema arcillosa por su mezcla con arcilla, como es el caso de Cardona, Bex, Okna (Moldavia), etc. Además las hay blancas, encarnadas, azules, moradas, etc., por la tinta que ofrecen.

Yacimiento.—Prescindiendo de las aguas del mar y de los manantiales y lagos donde se halla disuelta, la sal, considerada como roca, se presenta en capas contemporáneas del terreno en que se halla, y en grandes masas metamórficas ó eruptivas, segun pretenden algunos. En el primer caso se observa en los terrenos antiguos, desde el silúrico, como

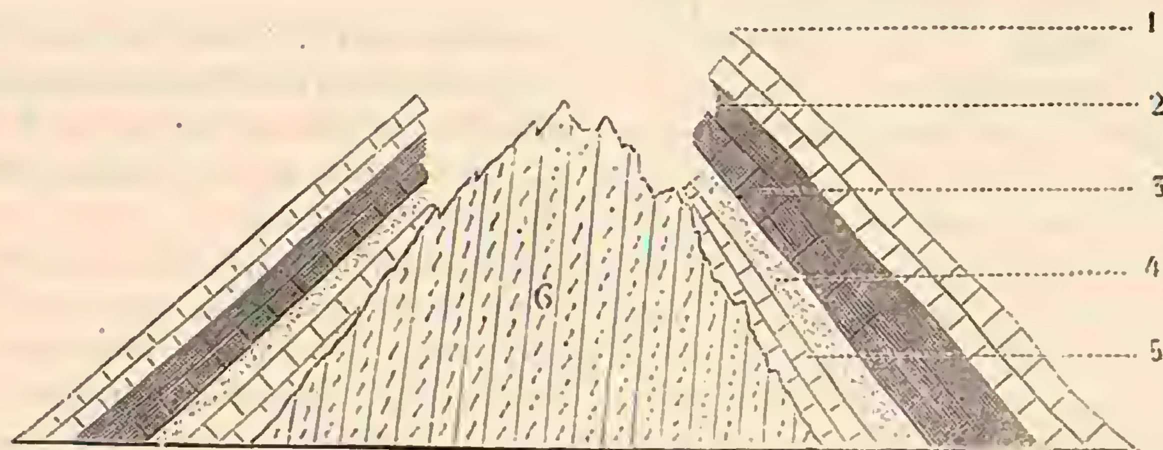


Fig. 38.—Corte teórico de un criadero de sal eruptiva
1 y 5 Bancos de caliza.—2 Arcillas.—3 Calizas.—4 Areniscas.—6 Masa interpuesta de sal con yeso

se ve en el Canadá, y el pérmico, como en Mansfeld, en el gobierno de Permia (Rusia), hasta el triásico, que por excelencia se ha llamado salífero, y el terciario, de cuyos dos últimos terrenos ofrece la Península muchos y notables ejemplos; debiendo citar entre ellos el de Cardona, cuya masa, aunque considerada por Dufrenoy como eruptiva, debe mas bien colocarse en la categoría del primer órden de yacimiento, en razon á presentarse intercalada entre los bancos de areniscas y arcillas, que por hallarse levantadas alrededor de la masa central, hizo que aquel creyera haber sido dislocadas por esta.

El segundo órden de criaderos, esto es, aquel en que se considera la sal como masa empotrada ó eruptiva, se pone en claro en el anterior corte teórico (fig. 38), en el que las capas, del 1 al 5, se suponen levantadas y dislocadas por la masa número 6; debiendo advertir que algunas veces esta aparece al exterior, en cuyo caso representa un cráter de erupcion, mientras que esta figura se refiere á lo que se ha convenido en llamar cono de levantamiento. Justifica, hasta cierto punto, la creencia de que tal debe ser la naturaleza de dicho criadero, no solo la disposicion de los materiales alrededor de la masa de sal, sino tambien las relaciones que en este caso guarda esta roca con rocas eruptivas, y tambien con yeso, Dolomia, etc. La existencia de la sal comun en muchos cráteres, como en los del Vesubio, Tenerife, Etna, islas Borbon, etc., parece robustecer esta idea. Por último, tambien se encuentra la sal en las tierras que rodean á los lagos salados en Africa, Asia y otros continentes, efecto de la fuerte evaporacion que allí se verifica; de donde resulta que el suelo se impregna de esta materia, la cual, trabando las arenas, les comunica el aspecto de una especie de arenisca, que es á lo que se llama arena salífera.

Localidades.—La abundancia de esta roca solo es comparable con lo universal y hasta necesario de su aplicacion; pero concretándonos en esta materia á la Península, debemos citar las salinas de Manuel, Minglanilla, Monovar, Sarrion, Villena, etc., pertenecientes al terreno triásico; en el numulítico existen las famosas de Cardona, comparables por su importancia con las de Wieliezka (Rusia), y en los terciarios medios las de Pancorbo, Añana (Vitoria), Pozas (Burgos), Espartinas y Villarrubia de Ocaña, en cuya última localidad existe en masas inmensas casi siempre cristalizada, afectando con frecuencia la coloracion azul, y en relacion dentro del terciario del Tajo, con bancos de yeso, de sulfato de sosa y á veces con la glauberita, que se ostenta en cristales muy hermosos. Esta salina, antes del Estado, pasó á ser propiedad de D. Manuel Sotomayor en subasta pública, habiéndola visitado en compañía de este amigo en 1875 y descrito en los Anales de la Sociedad de Historia Natural. En el Pinoso y la Rosa (Alicante), se encuentran tambien grandes depósitos de sal, en relacion con yeso y Dolomias, probablemente triásicas.

Aplicaciones.—El uso mas general que de esta sustancia se hace, es como condimento; pero se destina igualmente á la preparacion del cloro y del ácido clorhídrico, del carbonato de sosa, con destino á las fábricas de vidrio y jabon; y por último, como abono de las tierras y para hacer incombustibles las maderas.

Origen de la sal.—La que llevan disuelta las aguas del mar, procede de la primitiva combinacion del cloro y sodio, realizada, tal vez, antes de establecerse aquellas á la superficie en estado líquido. En cuanto á la sal de roca ó gema, no es tan fácil saber cómo se formó, pues todas las teorías que para explicar este hecho se han inventado, son insuficientes. Atribúyenla unos, con efecto, á la desecacion de antiguos mares ó lagos; otros ven en la sal masas procedentes del interior del globo con marcado carácter eruptivo, y por último, hay quien las considera como un resultado del geiserismo y de manantiales arcilloso-salíferos de otros tiempos.

TERCER GENERO—ROCAS DE ORIGEN MECANICO

Cuarcita

SINONIMIA.—Anagenita, cuarzo granoso.

DEFINICION.—La cuarcita puede considerarse, segun las circunstancias que la rodean, como roca de sedimento químico normal, y tambien como metamórfica; ambas distintas por su procedencia del cuarzo eruptivo. Como metamórfica es una arenisca, formada esencialmente de granos de sílice, generalmente muy pequeños y hasta imperceptibles por lo comun, efecto probable de la influencia de rocas ígneas ó de aguas termales, lo cual hace que se confunda el grano de la roca con el cemento, que tambien es silíceo.

CARACTÉRES.—Roca sumamente dura, de colores claros, blanco ó gris sucio; de estructura compacta y aspecto uniforme, presentándose en lajas y bancos de diferente espesor. La falta de estructura cristalina y sus relaciones geognósticas, es lo que mas la distingue del cuarzo eruptivo, que figura entre los granitos abortados.

VARIEDADES.—Comun, pudingiforme, poligénica y tambien anagenita, compuesta de cantos de rocas de distinta naturaleza, reunidos por la sílice; talcífera, en la cual los granos de cuarzo aparecen reunidos por una especie de película talcosa; poliédrica, por las formas regulares que ofrece, etc.

YACIMIENTO.—Esta roca se halla generalmente formando parte de los terrenos de sedimento mas antiguos, como el silúrico, alternando con el gneis, pizarras cristalinas, y demás elementos constitutivos de aquellos; y con frecuencia relacionada con rocas porfídicas ó graníticas.

LOCALIDADES.—En el extranjero es esta roca muy comun en las mencionadas condiciones, y en la Península se encuentra en el terreno silúrico y devónico de Sierra-Morena y sus estribaciones, en las montañas de Asturias, Leon, Galicia, etc.

APLICACIONES.—La cuarcita, por su extremada dureza, se presta á pocas aplicaciones, siendo las principales como piedra de construcciones ordinarias, y para cubrir edificios cuando se presenta tabular ú hojosa. Tambien suele destinarse á la recomposicion de las vias públicas.

Jaspe

SINONIMIA.—Piedra de Lidia y de toque, ftanita, etc.

DEFINICION.—El jaspe es una roca esencialmente silícea, formada de una variedad de cuarzo mate y pétreo, asociada á alguna materia terrosa y á óxidos metálicos, á los cuales debe su diversa coloracion.

CARACTÉRES.—Es esta una roca muy dura que no se deja rayar por la navaja, ni hace efervescencia con los ácidos, como sucede con los mármoles á los que el vulgo da dicho nombre. Su estructura es compacta, el grano muy fino, aunque algunas veces se presenta pizarroso y tambien brechiforme, formado de fragmentos angulosos de jaspe, cementados por el cuarzo. Tambien suele presentarse arcilloso ó térreo, con todo el aspecto y caractéres de una arcilla.

VARIEDADES.—Jaspe comun, pizarroso, brechiforme, cuarzoso, atravesado por venas irregulares de cuarzo; jaspe de Egipto, que se presenta en cantos ó masas redondeadas, en cuyo interior se ven fajas de distintos colores alrededor de un núcleo de tinta mas clara, en la que ordinariamente aparecen algunas dentritas, etc.

YACIMIENTO.—La frecuente relacion con rocas ígneas hace sospechar su metamorfismo, que confirma el tránsito insensible que se observa de las pizarras arcillosas y las arcillas mismas á los jaspes: hecho frecuente en el terreno numulítico, y aun en el terciario medio relacionado, sobre todo en Italia, con las serpentinas y eufótidas. En los Pirineos se encuentran los jaspes asociados ó en relacion con las calizas sacaroidéas del terreno jurásico; pero los hay aun mas antiguos, por ejemplo, en el triásico, y hasta en los paleozóicos, particularmente la variedad llamada ftanita. El jaspe de Egipto, quizá sea resultado de aguas geiserianas, que en épocas no muy antiguas determinaron la fosilizacion silícea de un bosque de palmeras, cuyos troncos se conservan aun á la superficie, no léjos de Alejandría. Muchas termántidas toman todo el aspecto y hasta la dureza del jaspe, como puede verse en la magnífica serie que recogí en Lipari, relacionada con erupciones traquíticas ó con aguas geiserianas.

LOCALIDADES.—Véase el artículo *Sílex*.

Porcelanita

SINONIMIA.—Termántida, arcillas cocidas.

DEFINICION.—Roca compuesta de arcilla ó de pizarra arcillosa, tostada con mas ó menos intensidad, por la accion de los combustibles y tambien por la de rocas volcánicas ú otras.

CARACTÉRES.—Todo el aspecto de estas rocas nos recuerda las arcillas de que proceden, distinguiéndose tan solo por su mayor dureza, que llega á veces hasta la del mismo jaspe, y por no hacer pasta con el agua.

VARIEDADES.—Compacta de aspecto brillante, fractura concoidéa, sonora y frágil; listada, compuesta de fajas de diversos colores; pizarrosa, formada de hojas ó láminas delgadas que se convierten en polvo seco por la trituracion; escoriforme, por su estructura análoga á la escoria de un volcan; brechiforme, cuando aglutina fragmentos de otras rocas; fosilífera, cuando lleva fósiles ó impresiones suyas, etc.

YACIMIENTO.—Aunque para algunos geólogos las termántidas solo son resultado del incendio espontáneo de los combustibles, y por consiguiente, su único yacimiento el terreno carbonífero, he tenido ocasion de ver y he traido ejemplares notables de arcillas cocidas ó porcelanitas, como consecuencia de la proximidad á rocas volcánicas, pudiendo citar, entre otras localidades famosas, las islas Cíclopes (en Sicilia), donde el basalto en su erupcion á través de las arcillas pliocenas, hasta tal punto las convirtió en termántidas, que el Sr. Gemellaro, de Catania, las dió el nombre de Ciclopita, creyéndolas rocas nuevas; solo el hallazgo de fósiles, descubiertos por mí en 1852, esclareció este asunto. En la isla de Ischia, al pié mismo del Epomeo, existe y ví tambien la arcilla pliocena, muy rica en fósiles, trasformada en termántida por la famosa corriente traquítica del Arso. No menos importante bajo este punto de vista es la localidad llamada *il Bagno seco* (Lipari), donde tuve la fortuna de encontrar la mas bella y variada serie de termántidas que se puede imaginar; aumentando su importancia la flora terciaria que en su seno existe, que por primera vez descubrí, y cuyos ejemplares pueden estudiar los curiosos en el Gabinete de Historia Natural de la corte.

En el distrito de Cabo de Gata tambien se hallan en abundancia estas rocas.

LOCALIDADES.—Las termántidas son bastante comunes en Alemania, y particularmente en Sajonia, en las siete montañas ó Siebengebirge (Prusia); en Bohemia y otros puntos: en Francia se encuentran en Saint-Etienne, en los alrededores de Puy, en Velay y en Mont Dore: en Italia las ya indicadas y el Val-di-Noto: en España abundan sobre manera en la region volcánica de Cabo de Gata, Mazarron, etc.

APLICACIONES.—Estas rocas son de uso poco comun,

en razon á su fragilidad; sin embargo, suelen destinarse á piedras de construccion y á reparar los caminos, además de ser objetos importantes de estudio.

Margolita y arcillófidos

La margolita, que no es otra cosa mas que la marga metamórfica ó endurecida por la accion de una temperatura mas ó menos elevada, y el arcillófido ó sea el pórfido arcilloso, resultado de la descomposicion del ortófido y de su consolidacion posterior por causas análogas, deben en rigor incluirse tambien entre las rocas metamórficas que acabamos de estudiar; si bien creemos excusado entrar en detalles, vista su analogía con las ya descritas.

METAMORFISMO

Descritas ya las principales rocas de este grupo, importa sobre manera que discurramos por breves instantes acerca de la múltiple y variada accion á la que aquellas deben su estado actual. La palabra *metamorfismo*, derivada de *meta*, cambio, y *morphos*, forma, aunque en rigor no explique bien todas las trasformaciones que las rocas han experimentado, fué introducida en la ciencia por Lyell para sintetizar con una sola expresion toda la teoría á dichos fenómenos referente, y en tal concepto aceptada por la inmensa mayoría de los geólogos. El verdadero creador de esta doctrina fué el inglés Hutton, á principios del siglo, pues aunque Arduino y otros le precedieron en la indicacion de muchos hechos, y hasta de la causa á que en su sentir debian referirse, estos datos aislados no llegaron á elevarse al rango de teoría, hasta que aquel hubo demostrado el orígen ígneo de la tierra. Fascinados, empero, los ánimos por esta idea, pronto se incurrió en el error de darle un carácter sobrado absoluto, exagerando desmedidamente la influencia del calor, al que atribuian todos los efectos de la singular dinámica terrestre. Sin embargo, ya en el año 1822, el célebre Debuch, en una interesante memoria sobre la Dolomia del valle de Fassa en el Tirol, al propio tiempo que demostraba la conversion de las rocas calizas en doble carbonato de cal y de magnesia, como efecto de la aparicion de los meláfidos ó pórfidos negros, ya establecia el principio de que este cambio no podia ser efecto de la exclusiva accion del calor terrestre, sino que debian tambien contribuir á ello ciertas emanaciones químicas desarrolladas durante la salida de aquellos. Este, puede decirse, fué uno de los primeros pasos que se dieron en sentido, si no de anular, al menos de disminuir en gran parte el carácter demasiado exclusivo de la teoría ígnea. Secundó tan feliz idea la experimentacion química en el laboratorio, con el fin de esclarecer, no solo este sino otros muchos puntos que aun permanecen oscuros en el terreno de la ciencia, habiendo conseguido en gran parte su objeto, merced á los perseverantes esfuerzos de Hall, Haindinger, Rosse, Nordenskjold, Delesse, Fournet, Daubrée, Lecoq y muchos otros eminentes geólogos, que han encontrado en la Química y en su oportuna aplicacion á la ciencia geológica, un eficacísimo apoyo para darse razon cumplida, así de las singulares anomalías, que segun ya indicamos, ofrecen el granito y demás rocas congéneres, como el metamorfismo de las rocas y muchos otros hechos importantes.

No vaya á creerse por esto que se rechace en absoluto la intervencion del calor terrestre en el metamorfismo, nada de eso; antes por el contrario, se considera este como el primer agente, si bien secundado por otros que modifican algun tanto su modo de obrar, determinando por otra parte condiciones nuevas en el modo de presentarse los elementos constitutivos de las rocas. De modo que, reduciendo el metamorfismo á sus verdaderos límites, esto es, á las modificaciones que experimentan las rocas, así de sedimento como de otra índole, colocadas en condiciones excepcionales, como por ejemplo, la inmediacion á rocas plutónicas ó ígneas, ó la infiltracion de aguas termales, etc., es el resultado de las causas siguientes:

1.ª Del calor, cuya influencia está en razon de la proximidad de la roca que lo experimenta á la pirosfera terrestre ó á materiales eruptivos.

2.ª De la presion, que aumenta, como es natural, con la profundidad.

3.ª De las acciones moleculares, que se ejercen de un modo mas enérgico, en el fondo que á la superficie de la tierra.

4.ª De las corrientes electro-magnéticas, cuyo modo de obrar, aunque oscuro y difícil de comprender, no por eso en muchos casos es menos evidente.

5.ª De la capilaridad, que favorece el movimiento del agua y el trasporte de las sustancias extrañas hasta el seno de las rocas.

6.ª Del agua líquida ó en vapor, pura ó mineral y mejor aun minero-termal.

7.ª y última. De los movimientos de la costra terrestre, á los cuales puede atribuirse en parte la estructura pizarrosa de ciertas rocas.

Ahora bien, bajo la múltiple influencia de todas estas causas, obrando ya aisladamente ó en admirable combinacion, se experimentan los singulares fenómenos del metamorfismo, expresion que segun ya apuntamos mas arriba, no comprende, segun su etimología, sino uno solo de los variados fenómenos que en este concepto presentan las rocas. Con efecto, aunque no deja de ser frecuente el que estas cambien de forma, ó por el contrario, que sin variar esta, haya una completa sustitucion de materia, como es el caso singularísimo de la serpentina de *Snarum* (Suecia) cristalizada en la misma forma que el *olivino*, á quien desalojó en sentir de Nordenskjold; el de las areniscas de Fontainebleau y de Stuttgart, y muchos otros casos, el metamorfismo no se halla reducido á esto solo, sino que son múltiples y muy variadas sus manifestaciones, las cuales para mayor claridad reduciremos á las siguientes:

1.ª Cambio de forma por agrietamiento y retraccion, segun es frecuente observar en las rocas arcillosas por ejemplo, por efecto de la influencia del calor. Además de los casos anteriormente citados, podemos referir á este primer modo de metamorfismo las formas poliédricas, que suelen presentar muchas rocas de esta naturaleza, convertidas á veces en jaspe, que con frecuencia se observan en el terreno carbonífero, y de ello podrán ver los curiosos ejemplos notables en mis colecciones del Gabinete de Historia Natural. Tambien podrán estudiarse en el mismo establecimiento casos ó ejemplos singulares de grietas y una especie de cuarteamiento en el granito en su tránsito, por la influencia de elevadas temperaturas, á la traquita, á la obsidiana y hasta la piedra pómez, recogidos por mí en Basiluzzo (islas de Lipari).

2.ª Alteracion en la estructura; la caliza comun convertida en mármol sacaroidéo ó estatuario, como sucede en Carrara, en Paros, en Macael y en mil otros puntos, da una idea clara de este caso de metamorfismo, al cual concurrieron de consuno una temperatura tal vez no muy elevada y la presion, segun demostró el célebre inglés Hall, quien obtuvo una caliza de estructura cristalina, colocando en un tubo de hierro herméticamente cerrado, una pequeña cantidad de creta terrosa, que sometió á una temperatura de

unos 290°. Por donde se ve que la presion, impidiendo la salida del ácido carbónico, determina, asociada á un calor moderado, el cambio de estructura. Bajo este punto de vista se han hecho observaciones curiosas, las cuales han dado por resultado: 1.° Que la forma prismática ó poliédrica aparece de preferencia relacionada con rocas volcánicas. 2.° Que la pizarrosa es mas frecuente, por el contrario, en las que se hallan cerca de rocas plutónicas en general y en particular del granito; y 3.° Que la cristalina ó sacaroidéa, si no es peculiar en las calizas y Dolomias, por lo menos se observa mas á menudo en ellas que en otros grupos de rocas.

3.ª Penetracion de sustancias extrañas en las rocas. La temperatura, determinando la separacion de las moléculas, facilita, en razon directa á la escala en que actúa, la introduccion de sustancias extrañas en las rocas, segun se observa en el cipolino, por ejemplo, caliza que lleva talco ó mica ó ambas especies á la vez, sin tener nada que ver con su composicion esencial: en las calizas silíceas, antes desprovistas de sílice y despues penetradas por esta sustancia, que les comunica una dureza tanto mas pronunciada, cuanto mayor es la cantidad de sílice disuelta por la accion probable de los *Geiseres*, mas eficaz en otros tiempos que en la época actual. Muchos otros casos pudiéramos citar que se encuentran en análogas condiciones, pero prescindimos de ello en obsequio á la brevedad.

4.ª Cambio de naturaleza de las rocas. No es raro observar las rocas calizas convertidas, ora en yeso ó anhidrita, ya en Dolomia ó en materia feldespática, etc. En este caso, el metamorfismo se llama yesificacion, dolomisacion, feldespatisacion, silicicacion, etc., segun la sustancia en que se convierte la roca. Los agentes que en cada uno de estos casos intervienen son distintos; aunque siempre actúan algunos de los arriba indicados, no siendo por cierto las aguas minerales las que con menos frecuencia influyen. No obstante, hay que tener tambien en cuenta, para no exagerar la extension del metamorfismo, que la misma roca puede ser resultado de causas muy diversas, en cuyo caso, solo las circunstancias de yacimiento y relaciones geognósticas pueden ilustrar la cuestion. Asi, por ejemplo, la caliza es roca ácuea en los sedimentos químicos; ígnea y quizás mejor metamórfica, en las lavas ó en los terrenos volcánicos en general, segun se ve en la Somma (Vesubio), en los peperinos de Albano y Frascati, etc.; hidrotermal, en los filones, y metamórfica en las masas subordinadas al gneis, en las pizarras micáceas y en Carrara. Otro tanto puede decirse del yeso, de la Dolomia y de muchas otras. Conviene, pues, no olvidar estos ejemplos para proceder con pleno conocimiento de causa en la calificacion que se haga de las rocas.

Los experimentos practicados por los Sres. Haindinger, Daubrée y otros, ilustran poderosamente tan singulares metamorfósis de la materia mineral. Colocó Haindinger en un cañon de hierro, herméticamente cerrado, una mezcla de sulfato magnésico y carbonato de cal, y elevada la temperatura á 200° bajo la influencia de una presion de quince atmósferas, obtuvo Dolomia y anhidrita, como resultado del desprendimiento del ácido carbónico y su combinacion con la magnesia, cuyo radical, apoderándose del óxido cálcico, que quedó libre, formó el sulfato anhidro de cal. De manera, que la accion combinada del calor y la presion, no solo puede alterar la estructura, sino hasta cambiar por completo su composicion. Daubrée y otros han repetido análogos experimentos, obteniendo parecidos resultados.

Muchos otros casos de metamorfismo podríamos citar, pero los aducidos bastan, sobre todo en un Compendio, para formarse idea de este asunto, que segun lo expuesto, ha seguido en su marcha iguales vicisitudes que las teorías reinantes en la ciencia acerca del orígen é historia de nuestro planeta. Resta tan solo añadir dos palabras acerca de lo que se ha llamado por algunos exomorfismo y endomorfismo, metamorfismo regional ó normal y de contacto.

Metamorfismo everso llamó el distinguido geólogo sajon Sr. Cotta, á los efectos producidos por la roca plutónica ó eruptiva en aquellos materiales á cuyo través apareció, ó con los que mas ó menos directamente se halla relacionada. Algunos llaman á este caso, que suele ser el mas frecuente, metamorfismo de contacto, y Fournet lo denomina exomorfismo (de *exos*, fuera): el basalto de las islas Cíclopes, introduciéndose á su salida del interior del globo en la masa de arcillas terciarias, convertidas en termántida por esta causa, puede presentarse entre los infinitos que han ocurrido, como ejemplo de exomorfismo. Y por cierto que basalto y termántida sufrieron ambos á dos, despues de la aparicion de aquel y de la metamorfósis de esta, otra accion no menos curiosa, la cual se traduce por la impregnacion en su masa de la analcima, que se ostenta en bellísimas formas cúbicas ó derivadas, tanto á la superficie como en el fondo y en lo mas íntimo de su estructura. Tambien pueden ver los inteligentes preciosos ejemplares de una y otra roca y de las dos reunidas con la sustancia que penetró despues, en las colecciones de mi cargo del Gabinete de Historia Natural.

Metamorfismo inverso dice Cotta á lo que Fournet designa con el nombre de endomorfismo (de *endos*, dentro), que no es otra cosa sino la reaccion que la roca atravesada ejerce sobre la plutónica ó eruptiva, en la cual no es raro ver mas de una huella de este singular fenómeno. Tal es, por ejemplo, lo que se observa en la famosa brecha de Suecia, formada de fragmentos de rocas metamórficas en el seno de la propia plutónica, que primero determinó la metamorfósis de aquellas y luego sufrió los efectos de esta misma. Recuerdo haber visto en Estokolmo ejemplares extraordinarios y sumamente instructivos de esta especie de metamorfismo, de la cual el Sr. Prado, de feliz memoria, cita el caso curioso que existe en uno de los cortes de la nueva carretera que se abrió en el Molar, cuya importancia me obliga á reproducir el corte adjunto (fig. 39), que figura en la interesante Memoria sobre la provincia de Madrid.

En el macizo de Peñalara, segun él mismo, se observa que el granito, en el que aparece la famosa laguna, forma un dique de mas de 50ᵐ de espesor, que al paso que determinó la dislocacion y metamorfismo del gneis, encierra en su masa pedazos de esta última roca, como prueba evidente de la reaccion que allí se experimentó.

Metamorfismo regional y de contacto.—Se da el nombre de regional, y segun Daubrée, normal, cuando en contraposicion al de contacto, no se limitan sus efectos á puntos circunscritos y en los que en la mayoría de los casos la relacion entre causa y efecto es clara y ostensible; sino que se observa en comarcas y extensiones muy considerables á veces, siquiera sea con frecuencia difícil averiguar el agente que ha producido tan singulares resultados.

Llámase regional, no solo por la extension que alcanza, sino por ser resultado de varios centros eruptivos bastante aproximados los unos á los otros, para que su accion se haya confundido. Los que dan á este metamorfismo el nombre de normal creen que, en vez de atribuirse á esta causa, es consecuencia legítima de la situacion misma del terreno que suponen encontrarse en la base de la serie estratificada, y sobre los cuales ha obrado el calor terrestre. Esta última explicacion, si bien aplicable á los terrenos antiguos, cae por su base cuando se trata de otros mas modernos, como con frecuencia ocurre; debiendo advertir, respecto de la primera solucion, que tambien es frecuente encontrar muy desarro-

llado el metamorfismo en regiones en las cuales no aparece roca alguna eruptiva; y aunque en este caso se apela al subterfugio de suponer que las rocas eruptivas ó ígneas no han llegado á la superficie, lo cierto es que aun falta mucho que saber en este asunto. Por fortuna, y á falta de este dato, podémos establecer que las causas que lo determinan vienen á ser iguales á las ya indicadas en el de contacto: si bien parece que los movimientos de la costra terrestre, las acciones moleculares y las aguas termales fueron aquí las que actuaron con mas energía, debiendo añadir, como confirmacion, que no solo la naturaleza de estos mismos agentes es



Fig. 39. — Metamorfismo inverso

G.—Granito penetrando y alterando el gneis N, que allí pasa á micacita.
A.—Pedazo de gneis de gran tamaño, arrancado por el granito y empotrado en su masa.
V.—Vetas de granito infiltradas en el gneis como prueba de su plasticidad.
F.—Falla producida por un movimiento posterior local.

mas susceptible, si se quiere, de extender su esfera de actividad, y obrar con mas perseverancia durante muchos siglos, sino tambien el hecho constante de ser mas comun en el metamorfismo regional que en el de contacto, la estructura pizarreña ú hojosa en las rocas que experimentaron su influencia.

En resúmen, pues, las rocas todas, y aun los séres orgánicos en las de sedimento encerrados, pues en último resultado, no deja de ser un caso de metamorfismo la fosilizacion, han experimentado bajo la influencia de causas muy diversas, durante y despues de su consolidacion, una serie de cambios muy notables á los que se ha convenido en llamar metamorfismo.

TERCERA CLASE — Rocas de orígen orgánico

La consideracion de la causa que produjo las rocas, en cuya descripcion vamos á ocuparnos, nos obliga á colocarlas en esta clase especial, pues por lo demás, todos sus caractéres son propios de las rocas de sedimento, entre las cuales figuran en muchas clasificaciones.

Como son dos los reinos que han contribuido á la formacion de estas rocas, deben agruparse en dos órdenes.

PRIMER ÓRDEN

Rocas de procedencia animal

Colocamos en este grupo una porcion de rocas calizas ó silíceas, en cuya descripcion no entraremos con el fin de evitar repeticiones, siendo producto las unas de la accion, y otras de la destruccion de ciertos animales pertenecientes á los últimos límites de la escala zoológica; circunstancia que si imprime carácter en la estructura ó facies externa, no altera en nada la esencia en cuanto á la composicion mineral. Las rocas, resultado de este proceso, van ya descritas en los artículos correspondientes, y se reducen á la creta y á la caliza coralífera, producto de los arrecifes de coral, y al trípoli en cuanto á la de naturaleza silícea.

Dadas ya estas explicaciones, dirigidas á facilitar la inteligencia del cuadro de la clasificacion de rocas, estamos ya en el caso de entrar en la descripcion del

SEGUNDO ÓRDEN

Rocas de orígen vegetal

CARACTÉRES.—Hánse llamado estas rocas combustibles, porque uno de sus caractéres mas distintivos es la facilidad con que arden y el olor especial que despiden al quemarse, qué generalmente es bituminoso: todas ellas son muy ligeras, tiernas, y frágiles y de colores oscuros.

En la composicion de estas rocas se observa en confirmacion de su procedencia orgánica, que cuanto mas moderno es el terreno en que se encuentran, tanto mas análoga es la composicion del combustible con la de las plantas actuales, y viceversa, cuanto mas antiguo, tanto mas se aparta de ella, segun puede verse en el grafito y diamante, en los que solo ha subsistido el carbono. Esto confirma la idea de que todos los combustibles forman una serie no interrumpida, cuyos términos se enlazan por tránsitos insensibles, desde la turba hasta el diamante mismo.

DIVISION. — Este órden se divide en tres géneros, que son resinas, betunes y carbones.

PRIMER GÉNERO.—RESINAS

Succino

El succino es palabra de orígen latino, procedente de *succos*, lo cual revela la antigua creencia de ser esta sustancia el jugo petrificado de algun árbol. La voz *electrum*, que le aplicaron tambien antes, deriva del griego *electron*, por ser el primer cuerpo en que se notaron los efectos de la electricidad.

SINONIMIA. — *Electrum*, ámbar amarillo, karabé y bernstein.

DEFINICION.—El ámbar amarillo es una verdadera resina fósil, compuesta de carbon, hidrógeno, oxígeno y cenizas alcalinas en proporciones diversas: su peso es próximamente de 1,7; el brillo resinoso; su coloracion recorre todas las tintas imaginables, desde el amarillo anaranjado, semitrasparente y blanquecino, hasta el verde manzana, el rojizo, verde aceituna y negro completamente opaco; notándose una coincidencia curiosa entre estos colores y la proporcion del ácido succínico que forma parte esencial de su naturaleza. A una temperatura poco elevada, arde con una llama amarillenta, esparciendo un perfume agradable, del que tanto partido sacaron los antiguos, y deja un residuo carbonoso; por frotacion desarrolla la electricidad negativa; por último, y para confirmar su orígen orgánico, suele ofrecer en su interior insectos de diferentes órdenes perfectamente conservados, y tambien hojas y otros restos vegetales.

YACIMIENTO.—El ámbar, acerca de cuya procedencia tanto se ha discutido, se encuentra casi siempre en criaderos de lignito, en los terrenos terciarios y cretáceos.

LOCALIDADES. — El succino mas comunmente empleado en Europa, procede del Báltico, encontrándose entre Kœnisberg y Mamel (Prusia), trasportado por las aguas corrientes. En las costas de Escandinavia tambien existe, aunque no tan abundante: en Sicilia es famosa la localidad Pietralia, por la variedad de colores que alli ofrece, como lo acredita el cuadro de treinta y siete tintas diferentes que regalé al Gabinete de Historia Natural, en cuyas colecciones geológicas figura. En Francia se encuentra en tres ó cuatro

localidades, aunque de escasa importancia. En España existe en Utrillas, en Rubielos de Mora, en Suances, Villaviciosa, Belomio y otros puntos de Oviedo; en Espadilla (Castellon), lo he visto en fragmentos dentro del lignito mismo.

APLICACIONES.— La Física se vale de esta sustancia para delicados experimentos, y la industria la destina á la fabricacion de objetos de adorno, como boquillas para pipas, botones, gemelos, frasquitos, etc.

Los antiguos escandínavos se sirvieron ya de esta sustancia para objetos de adorno, segun resulta de los numerosos hallazgos verificados en los túmulos y dolmenes de Suecia, coleccionados y cuidadosamente expuestos en el Museo de Antigüedades de Estokolmo, donde tuve el gusto de verlos en 1869.

SEGUNDO GENERO.—BETUNES

Asfalto

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra se deriva del griego *asphaltos*, que significa betun.

SINONIMIA.—Betun de Judea, pez mineral escoriácea, karabé de Sodoma, pissasfalto, bálsamo de momias.

DEFINICION Y CARACTERES.—El asfalto es una sustancia negra, frágil, de fractura vitrea y concoidéa, que arde con facilidad, despidiendo una llama brillante, dejando poco residuo. Su peso especifico es de 1 ó 1,6. Funde á la temperatura del agua hirviendo; por destilacion seca suministra un aceite particular, muy poca agua, gases combustibles y vestigios de amoniaco. Contiene á veces en su masa una porcion de materias extrañas, como arcillas, calizas ó arenas.

YACIMIENTO Y LOCALIDADES.—El depósito principal del asfalto es el Mar Muerto, al que por esta razon se llama lago Asphaltites, el Caspio y el Aral, en cuyas aguas se encuentra mezclado: tambien impregna ciertas rocas en los terrenos cretáceo y terciario, como en Seissel y Lobsane (Francia), en Val de Travers (Suiza), y en España, segun Rojas Clemente, existe en varios puntos del antiguo reino de Granada: en Torrelapaja (Zaragoza), la mina Santa Teresa donde se explota el asfalto que impregna una arenisca del terreno cretáceo, relacionada con el lignito del barranco de Valle-hermoso; en Vasconcillos, cerca de Burgos, tambien penetra en una arenisca, y en Cidores, Toledillo, en la provincia de Soria, etc.

APLICACIONES.— Los antiguos egipcios destinaban esta sustancia al embalsamamiento de sus cadáveres: hoy se emplea en la preparacion de colores y barnices, y para cubrir pisos y aceras, para lo cual generalmente se mezcla con arena gruesa ó grava.

Betun elástico—Nafta y petróleo

De estas tres especies, que con el asfalto completan el cuadro de los principales betunes, si se exceptúa el último, puede decirse que no merecen descripcion especial en una obra de esta índole, siendo mas bien del dominio de la Mineralogía, en cuyas obras encontrarán su descripcion los curiosos.

Todas estas sustancias son unas veces resultado inmediato de la destilacion natural de las rocas combustibles con las que conservan estrechas relaciones, como se observa en los criaderos de petróleo de los Estados-Unidos, existentes en terreno de antracita, que allí ocupa superficies inmensas. Otras su orígen es mas difícil de comprender, como por ejemplo cuando se encuentra en las aguas de los lagos, segun he visto en el llamado Naftia en Sicilia, y en las inmediaciones ó centros volcánicos, como se observa en Sodoma y Gomorra, en Castellamare, junto al Vesubio, y en otros muchos puntos.

TERCER GENERO—CARBONES

El verdadero grupo de rocas combustibles es el de que vamos á tratar, y al que de preferencia se refieren las consideraciones generales apuntadas mas arriba. Sus diferentes especies se distinguen por caractéres propios, por las asociaciones geognósticas y por la edad de los terrenos en que se encuentran; en cuya triple consideracion se funda la division del género en las cinco especies siguientes: 1.ª turba, 2.ª lignito, 3.ª ulla, 4.ª antracita, y 5.ª grafito y diamante.

Turba

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra se deriva de la palabra *torf* con que los alemanes designan dicha roca.

DEFINICION Y CARACTÉRES.— La turba es el combustible menos mineral y el mas análogo á los vegetales que viven hoy. Sustancia parda ó negruzca, formada de un tejido mas ó menos compacto, parecido al fieltro, y de restos de plantas, muchas de las cuales viven aun. Arde fácilmente, con llama ó sin ella, despidiendo un humo denso y desagradable y dejando por residuo una especie de cisco muy ligero. Sometida á una temperatura no muy elevada, suministra un carbon parecido al cok; la destilacion suministra el ácido piroleñoso, una materia oleosa y varios gases. Su composicion viene á ser la misma que la de las plantas actuales, de cuya metamorfósis procede.

VARIEDADES.—Compacta ó piciforme, de color pardo, sólida, de aspecto homogéneo, fractura térrea y resinosa y á veces brillante: fibrosa, parecida al fieltro, formada de un tejido de fibras y otros restos vegetales.

YACIMIENTO.—La formacion de la turba data del período cuaternario, adquiriendo su mayor desarrollo en la época histórica, que empieza á contarse desde el momento en que la tierra adquirió el aspecto y configuracion actual. En Dinamarca y Suecia se distinguen las turberas en dos ó tres grupos, colocando en el primero las que se encuentran en los bosques; y en el segundo las de los lugares bajos y pantanosos, no léjos de la costa. Estas últimas, y particularmente la del puerto de Istad y del Jaravall, han servido para determinar el movimiento de descenso que allí ha experimentado la costa. Otra circunstancia curiosa se observa en las turberas de las regiones escandínavas, á saber: la existencia de bosques en la masa de la turba, con la particularidad de encontrarse de abajo arriba, primero el pino silvestre, despues el roble, y en las capas mas superiores el haya; lo cual, unido al hallazgo en su seno de muchos objetos de arte é industria primitiva, tales como hachas de piedra, instrumentos de bronce, cerámica y huesos de mamíferos, aves y otros animales, da una idea, siquiera sea imperfecta, de la importancia que en todos conceptos alcanza la turba. Nótanse tambien en los turbales ciertas fajas ó capas delgadas de acarreo, compuestas de arena, grava, arcillas, etc., lo cual prueba el procedimiento y las causas que han contribuido á su formacion. Estas son topográficas las unas, y climatológicas las otras; entre las primeras la impermeabilidad del suelo es una de las principales, porque obliga á las aguas á estancarse ó encharcarse; la segunda es el poco desnivel del terreno, que generalmente se encuentra á poca altura sobre el mar, en el límite de las nieves perpetuas, y en los bosques, segun acabamos de indicar, en Escandinavia.

En cuanto á las condiciones climatológicas se reducen á que la temperatura media oscile entre los 6 y 15 ó 16 grados.

Las especies vegetales que contribuyen á la formacion de la turba, pertenecen generalmente á los géneros *sphagnum*, *hypnum*, *politricum*, *conferva*, etc., y las *betulas*, *ericas*, los *carex*, *juncus* y otras. En cuanto al mecanismo de la trasformacion de las indicadas plantas en turba, consiste en la descomposicion del leñoso, bajo la influencia del calor y del agua.

La formacion de esta sustancia es en general lenta, pudiendo hasta cierto punto servir de cronómetro para medir el tiempo que nos separa de la época en que se depositaron en su seno los restos del hombre y de su industria. En confirmacion de lo cual el señor Steenstrup calcula en 4,000 años, por lo menos, la época en que principió á formarse la turba en Dinamarca.

LOCALIDADES.—Las regiones mas clásicas por la abundancia de este combustible son la Holanda, Irlanda, Escocia, Dinamarca, Suecia y Baviera. Tambien existe en las inmediaciones de Marsella y en varios puntos de la Normandía, en el paso de Calais, etc. En España se encuentra en abundancia y se explota en los alfaques del Ebro, en Castellon, Torreblanca, Oropesa y Almenara; en tres ó cuatro localidades de la provincia de Madrid, segun Prado; y en varios puntos de Asturias, segun el Sr. Schulz; no debiendo escasear tampoco, á mi entender, en la desembocadura y marismas del Guadalquivir y en otras regiones.

APLICACIONES.—La turba se emplea casi exclusivamente como combustible, sobre todo donde escasean los otros. Para evitar los inconvenientes de su combustion, se reduce hoy, mediante ciertas operaciones en cuyos detalles no entraremos, en una especie de cok que, aunque inferior al de la ulla, es no obstante superior, en cuanto á poder calorífero, á la leña comun. Las cenizas, resultado de la combustion de la turba, pueden emplearse con buen éxito como abono mineral eficaz.

Lignito

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra se deriva del latin *lignum*, que significa madera ó leño.

SINONIMIA.—Madera fósil, madera bituminosa, estipita, *braunkole* en aleman, y *surturbrandur* en islandés.

DEFINICION Y CARACTERES. — Geológicamente hablando, aunque sea difícil marcar los límites de este combustible, puede sin embargo decirse que el lignito comprende los combustibles posteriores á la ulla y anteriores á la turba. Asi considerado este combustible, se presenta de color negro ó pardo muy oscuro, terroso á veces, resinoso ó brillante otras; de estructura térrea, fibrosa, compacta y tambien pizarrosa ó en capas, reproduciendo la estructura del tallo dicotiledon. Su peso específico apenas excede al del agua. El lignito arde con llama larga, despidiendo bastante humo y olor bituminoso, fétido á veces y picante; aumenta poco en la combustion, no aglutinándose sus fragmentos como sucede con la ulla, y dejando como residuo un cisco parecido al de tahona; por destilacion suministra materias bituminosas y agua cargada de ácido acético, dejando un carbon brillante y compacto. En su composicion entra el oxígeno, el hidrógeno, el ázoe y principalmente el carbono, con algo de ceniza.

VARIEDADES.—Los lignitos se dividen en dos grupos, piciformes y fibrosos, subdividiéndose los primeros en comunes y térreos, y los segundos en azabache y madera fósil ó bituminosa. De estas cuatro variedades, á la primera le cuadran todos los caractéres indicados en la descripcion; la terrosa se conoce en el comercio con el nombre de tierra de sombra ó de Colonia; el fibroso compacto es el azabache, y en cuanto á la madera fósil, su mismo nombre indica que ha sufrido pocas alteraciones.

YACIMIENTO.—Este puede decirse que es el combustible de los terrenos secundarios y terciarios, segun la respetable autoridad del Sr. Dufrenoy, encontrándose en el terreno triásico, formando en él la variedad llamada por Brongniart estipita; en el jurásico, cretáceo y terciario. Otras veces se ve á este combustible relacionado con rocas ígneas, y particularmente con las volcánicas, como sucede en Montemeisner (Sajonia), localidad célebre por las disputas entre plutonistas y neptunistas, donde por la influencia del basalto, se convirtió de una manera lenta y sucesiva en azabache, en ulla y en antracita, tomando el aspecto prismático á la proximidad de la roca volcánica. A veces llega la metamorfósis hasta convertirse en grafito, como sucede en Groenlandia, de donde me regaló el malogrado profesor Morlot, de Berna, en 1858, un ejemplar, que conservando toda la estructura en capas de un lignito ó madera fósil, la composicion y facies es de plombagina. Asimismo se citan casos de haberse convertido el lignito en cok, como se ve en Habichtwald, tambien por la influencia del basalto. Esto no obstante, se citan casos como el de la calzada de los Gigantes en Irlanda y tambien en Islandia, donde lo llaman surturbrandur, en que á pesar de haber sido cubierto por una corriente de aquella roca, no ha experimentado alteracion notable.

LOCALIDADES.—Siendo muchas las localidades extranjeras prescindiremos de ellas, concretándonos, por lo mucho que nos interesa, á las de la Península. En el terreno terciario se encuentra en Alcoy, en cuyo criadero por cierto aparecen muchos huesos mamíferos fósiles. En Dos Aguas (Valencia), en Mora de Rubielos, donde encontré muy bonitas impresiones de plantas terciarias con *planobis* y *cyclas*. Los famosos de Utrillas, Estercuel, Gargallo, Alcaime, etc. (Teruel), y los de Bel, Castell de Cabres y otros (Castellon); de Benisalen y Alcudia (Mallorca), pertenecen todos al terreno cretáceo. Los de Villaviciosa y otros puntos de Asturias, de donde se extrae un bonito azabache, pertenecen, segun Schulz, al jurásico. En San Agustin y Manzanares (Madrid), en Uña Valdecabras, en San Juan de Alcaraz y en varios otros puntos, se encuentra igualmente este combustible.

APLICACIONES.—Aunque no tan estimado como la verdadera ulla, se emplea con ventaja como combustible, en especial si no lleva mucha pirita; la variedad azabache se destina para fabricar objetos de adorno: la tierra de Colonia sirve para la preparacion de colores, y mezclándola con el tabaco en polvo, le comunica finura y suavidad. Las cenizas del lignito pueden servir como abono.

Dusodila

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra se deriva del griego *dysodes*, que significa fétido, por lo cual algunos le llaman tambien *dysodila*.

SINONIMIA.—Marga papirácea, lignito hojoso y fétido, etc.

DEFINICION Y CARACTÉRES.—Con este nombre designó Cordier un combustible, cuyo carácter principal consiste en el olor fétido desagradable, parecido al del asafétida, y algo bituminoso, que despide en la combustion, el cual se presenta bajo el aspecto de una sustancia tierna y friable, de estructura hojosa, de láminas flexibles y algo elásticas, de color amarillento ó gris verdoso sucio, de peso específico algo mayor que el del agua, arde con facilidad, despidiendo una llama viva y mucho humo. Examinada por Ehrenberg con el microscopio, aparece formada de restos silíceos de infusorios pertenecientes á la seccion de los na-

viculares, mezclados con otros de diferentes plantas. En su composicion entran las materias siguientes:

Agua y materias volcánicas.. . . .	49,1
Carbono.	5,5
Cenizas.	45,4
	100,0

segun resulta de los análisis practicados por Delesse en la procedente de Eglienbach.

YACIMIENTO. — Aunque algunos consideran á la dusodila como una variedad de turba, creo mas acertada la opinion de ser un lignito, fundado en las condiciones especiales de su yacimiento. En Melili, de donde procede la primera que conoció el Sr. Cordier, se encuentra, á no dudarlo, en el terreno terciario; en Werterwald (en Alemania) se halla asociada al lignito; y, por último, en una de las localidades mas clásicas, siquiera hasta el presente completamente ignorada, ó por nadie al menos descrita, esto es, en Hellin, la dusodila se presenta en el famoso criadero de azufre, á cuyas capas sirve con frecuencia de límite, presentándose como matriz del sulfato de magnesia y sosa, de cuya materia aparece aquella impregnada, colgando de su superficie en el techo de las galerías de exploracion sorprendentes madejas ó penachos de fibras sedosas, blancas y anacaradas, de un efecto admirable. Y como quiera que la turba pertenece á épocas mas posteriores que las ya indicadas, parece mas racional considerarla como lignito terciario.

LOCALIDADES. — La mas antigua conocida es la de Melili, entre Catania y Siracusa, de donde traje en 1852 abundantes y bonitos ejemplares. La de Werterwald, la de Eglienbach (Alemania) y Sainttenau (Auvernia); en cuanto á la Península, el mas rico y curioso criadero es el indicado ya en Hellin, de donde procedian algunos ejemplares en el Gabinete de Historia Natural de Madrid, designados con el nombre vago de *marga papirácea*. Ahora pueden admirarse en la sala de Mineralogía preciosos ejemplares, regalados por mí, llevando la magnesia sulfatada en su seno.

APLICACIONES.—La dusodila solo puede considerarse como mera curiosidad científica.

Ulla

ETIMOLOGIA. — Esta palabra es derivada del antiguo sajon *hulla*, que significa carbon de piedra; la única variacion que nos permitimos hacer es la de suprimir la h, siguiendo en esto á Salvá, Chao y otras autoridades literarias.

SINONIMIA.—Carbon de piedra, hornaguera, *steinkole* en aleman, *coal* en inglés.

DEFINICION Y CARACTÉRES. — La ulla ó carbon por excelencia, es un combustible de color negro, tierno y opaco, con frecuencia brillante y con irisaciones, de estructura pizarreña y tambien fragmentosa. Su peso específico es 1 ó 1,6: arde fácilmente con llama larga ó corta, segun su calidad, y un olor bituminoso característico con bastante humo negro y denso. Al arder los fragmentos se dilatan y aglutinan, formando pasta; por destilacion suministran el gas del alumbrado ó hidrógeno bicarbonado, agua amoniacal, aceites minerales y cok. En la composicion de este combustible el elemento mas importante es el carbono, al que se agregan el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno con sustancias térreas y materias volátiles, segun demuestra el cuadro adjunto de análisis practicadas por Thomson:

	Carbon	Materias volátiles	Materias térreas	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Azoe
Ulla grasa de Newcastle. . . .	75,90	22,60	1,50	75,28	4,18	4,58	15,96
Ulla pizarrosa de Glascow. . . .	55,23	35,27	9,50	75,00	6,25	12,50	6,25
Ulla blanca de id..	41,25	47,75	10,00	74,45	12,40	2,93	10,22
Cannel coal de Coventry. . . .	29,00	60,00	11,00	64,72	25,56	0,00	13,72

VARIEDADES.—La ulla, generalmente hablando, se divide en tres grupos, á saber: grasa, seca y mixta ó intermedia, denominaciones que se refieren á la proporcion en que se encuentran en ella el carbon, las cenizas y las materias volátiles, segun demuestra el adjunto cuadro:

		Carbon	Cenizas	Materias volátiles
Ullas secas.	Mons. . . .	85,0	2,3	12,7
	Fresnes.. . .	82,4	4,2	13,4
	País de Gales .	79,3	1,3	19,4
Ullas grasas.	Alais.. . . .	68,1	6,4	25,5
	Gier.. . . .	66,5	5,0	21,5
	Asturias. . .	66,0	4,50	29,50
	Carmeaux. . .	71,50	3,50	25,0
Ullas medias.	Cublac. . . .	70,25	7,40	22,35
	Blanzy. . . .	76,84	2,28	21,24
	Tuchan. . .	59,0	20,0	24,0

Ulla grasa

Debe la ulla este adjetivo á la proporcion considerable en que se encuentra el carbon y materias volátiles; preséntase la estructura hojosa, alternando las capas compactas con otras tiernas ú opacas que tiznan los dedos. A la vez se han admitido en esta ulla otras divisiones que se conocen con el nombre de dura, de forja ó de albéitares, y de llama larga.

Ulla seca

Muy parecida á la antracita, es de colores mas claros que la anterior, tirando al gris de acero, de estructura compacta y á veces hojosa; fractura por lo comun concoidéa, arde con dificultad, aumenta poco de volúmen, se aglutinan ligeramente sus fragmentos, suministrando bastante cok y pocos principios volátiles.

Ulla mixta

Esta es de color negro, si bien no tan oscuro como el de la grasa, cuyo peso no alcanza, arde con facilidad y llama muy larga, no aglutinándose los fragmentos ni suministrando buen cok, pero por destilacion despide muchos gases; puede considerarse como el tránsito entre las dos anteriores, y de ahí el nombre que lleva.

YACIMIENTO. —La ulla se presenta en capas regulares alternando con pizarras arcillosas, areniscas y conglomerados pertenecientes á diversos terrenos de la época primaria y muy particularmente al que por excelencia lleva el nombre de carbonífero. A veces se la encuentra en relacion

con rocas eruptivas, particularmente con porfídicas y volcánicas, en cuyo caso es frecuente verla convertida en antracita, grafito ó cok, tomando hasta formas prismáticas, segun demuestra la figura 40, dibujada por el Sr. Martius en las minas de Commentry.

La riqueza del terreno carbonífero, mas que en la potencia de las capas de combustible, consiste en el número de ellas, que en algunas minas llega á 200 y 300.

La figura 41 indica claramente la relacion de este terreno con rocas porfídicas.

Esto mismo ha determinado ondulaciones ó repliegues tan curiosos, que siquiera sea de pasada debemos indicar y que se hacen extensivos á los elementos constitutivos del terreno.

Otro accidente, no menos curioso é importante, que suele presentar la ulla en su yacimiento, en la existencia de saltos,

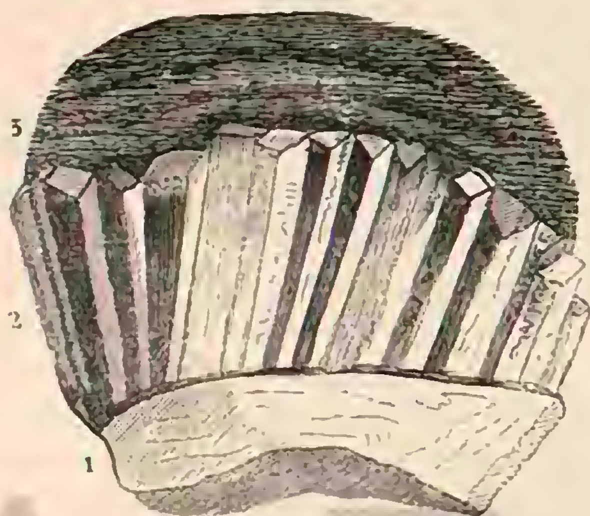


Fig. 40.—Mina de Commentry.
1. Domita alterada.—2 Antracita prismática.—3 Ulla en capas.

fallas ó resbalamientos de las rocas que la acompañan, los cuales con frecuencia obligan á variar la direccion de las galerías para encontrarle de nuevo.

Como lo referente á las demás condiciones del yacimiento en que por lo comun se encuentra la ulla, ha de ser objeto especial en la descripcion de los terrenos, es excusado entrar aquí en mas pormenores.

ORÍGEN DE LA ULLA. — La ulla es evidentemente resultado de la metamorfósis especial que experimentaron las plantas de la época á que pertenece este combustible. Confirma esta opinion la propia estructura de la roca, y mas aun los restos vegetales que se encuentran en el carbon mismo, y en las pizarras arcillosas que lo acompañan.

Admitido esto como cierto, y sabiendo por otra parte que todos los materiales componentes del terreno son de acarreo y sedimentacion, todo se reduce á saber si los depósitos de combustible se han formado en el punto mismo donde vivian los vegetales, ó si por el contrario, fueron estos trasportados á largas distancias. Pues bien, de los numerosos estudios que se han hecho para esclarecer este punto, resulta que algunos criaderos se han formado de un modo análogo á lo que vemos hoy en la turba, en confirmacion de lo cual, podemos citar el descubrimiento hecho por Brongniart en Saint-Etienne (fig. 42), de troncos de plantas carboníferas verticales, ó sea en la posicion en que se supone vivian, pudiendo añadir que no es el único ejemplo que se conoce, pues en el Norte de Inglaterra, en los Estados-Unidos y otros puntos se han observado igualmente muchos casos.

Otras veces el carbon es resultado del trasporte de los vegetales á grandes distancias, como lo prueba entre otras cosas la naturaleza y aspecto de acarreo largo de los materiales en cuyo seno se encuentra; explicándose en este caso la posicion vertical de los troncos, segun Unger, por violentas inundaciones, cuya extraordinaria fuerza arrancó de cuajo los árboles, los cuales flotaban en su posicion natural, merced al peso de las raíces, de la tierra y piedra que á ellas iban adheridas.

Las plantas fósiles del terreno carbonífero, cuyo número es muy considerable, pertenecen en su mayor parte á helechos arbóreos, á calamites ó colas gigantescas de caballo, á cicadeas y á otras familias, representadas por vegetales de organizacion bastante sencilla.

La conversion del tejido vegetal en carbon, el número considerable de capas que representan un criadero y la naturaleza de los animales fósiles que en sus diferentes horizontes se encuentran, todo esto supone un inmenso espacio de tiempo para la formacion del terreno y del combustible que encierra, siquiera difícil de estimar con exactitud, durante el cual los continentes experimentaron varias oscilaciones ó movimientos de ascenso y de descenso, y como consecuencia natural viéndose repetidas veces invadidos y abandonados por las aguas; todo lo cual, como es fácil comprender, aumenta el interés que inspira el estudio de este terreno.

LOCALIDADES EXTRANJERAS. — El carbon de piedra es por fortuna tan abundante en todas las regiones del globo, como útil y hasta necesario por la importancia de sus aplicaciones. Sin embargo, todos los países no han sido bajo este punto de vista igualmente favorecidos; así por ejemplo, en Europa, Inglaterra ocupa el primer lugar, produciendo su explotacion sobre cuarenta millones de toneladas anuales, cantidad triple de la que produce el resto del continente.

La superficie que ocupa este terreno mide 1.573,000 hectáreas, que equivale á un veinte por ciento de la totalidad de su territorio. Sus principales cuencas son: Northumberland, Durham, Cumberland, Westmoreland, el condado de Derby, el país de Gales, Edimburgo, Glasgow y otros: Francia posee 251,000 hectáreas ó sea $^1/_{200}$ de su superficie, con un producto anual de 5.000,000 de toneladas. Los centros principales son: Valenciennes, Creussot, Blancy, Epinac, Saint Etienne, Commentry, Litry, etc.

Bélgica con 150,000 hectáreas, ó sea $^1/_{24}$ de su territorio, produce 5.000,000 de toneladas, que se extraen de Lieja,

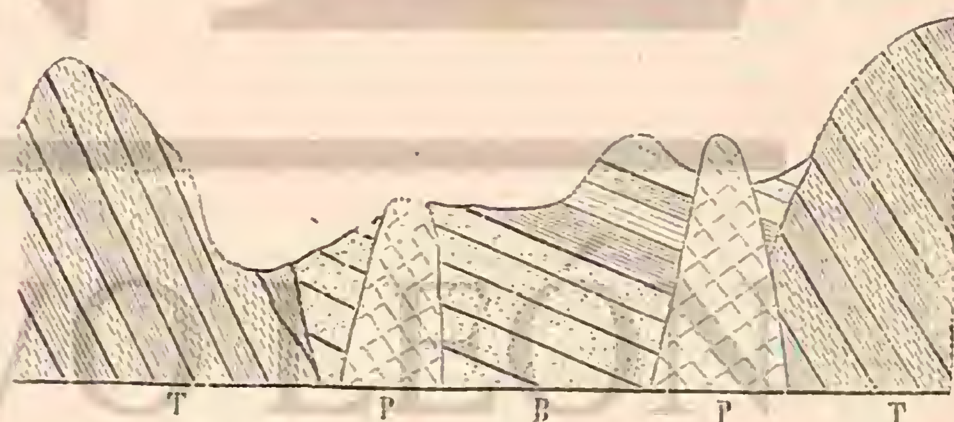


Fig. 41.—Corte del terreno carbonífero en la cuenca de Segure (Corbieres).
T.—Terrenos paleozóicos; sirviendo de límite al
B.—Terreno carbonífero en estratos dislocados por los dikes de
P.—Pórfidos que los atraviesan en toda su extension vertical.

Mons, Namur y Charles-le-Roi. Prusia y la Confederacion Germánica explotan 3.000,000 de toneladas en Sarrebrukh, Sajonia, Silesia, etc.

Bohemia produce 500,000 toneladas.

Rusia posee inmensas comarcas carboníferas, y hasta en Spitzberg se encuentra este rico combustible, segun las exploraciones del Sr. Nordenskjold, de Estokolmo.

LOCALIDADES ESPAÑOLAS. — En cuanto á la Península, los principales criaderos son el de Asturias, que

ocupa veinte leguas cuadradas; las cuencas de Orbo y Sabero, de San Juan de las Abadesas, Belmez y Espiel, Villanueva del Rio (Sevilla), Henarejos y algun otro de escasa importancia.

APLICACIONES. — Son tan generales y conocidas las aplicaciones que se hacen de este combustible, no solo considerado como tal, sino tambien como materia primera para extraccion del gas y de otras sustancias útiles, que casi considero excusado el entrar en detalles, sobre todo teniendo en cuenta la índole de la obra.

Antracita

ETIMOLOGÍA.—Esta palabra deriva del griego *antrax*, que significa carbon.

SINONIMIA.—Carbon fósil, ulla brillante y lustrosa, etc.

DEFINICION Y CARACTERES.—Aunque de aspecto menos orgánico que la ulla, la antracita es un combustible de procedencia vegetal, si se atiende á su composicion y á los restos de plantas fósiles que se encuentran en su seno. Así considerada, es una sustancia carbonosa, negruzca, mate unas veces, brillante otras y de aspecto metálico; arde con dificultad, y solo á favor de un gran tiro ó corriente, sin despedir llama, humo ni olor bituminoso, cubriéndose de una capa de cenizas blancas al enfriarse. Decrepita y se fragmenta con el calor, no aglutinándose; el peso específico es 1,6, la estructura generalmente compacta, de aspecto vítreo ó escamoso y laminar y á veces térreo. En la composicion de este combustible, el carbono es el principal elemento, llegando á dar el 90 por 100, asociado á la sílice, á la cal, á la alúmina, á óxidos y piritas de hierro, con muy pocos principios bituminosos.

VARIEDADES.—Compacta, laminar, terrosa y grafítica por establecer el tránsito al grafito, etc.

YACIMIENTO. — La antracita suele ser resultado de la metamorfósis de la ulla, y hasta del lignito, determinada por la influencia de rocas ígneas, á proximidad de las cuales suele encontrarse. Otras veces se presenta en capas ó bancos, en nódulos y en porciones mas pequeñas, diseminadas en las arcillas pizarrosas, en las areniscas, en las brechas y pudingas siliceas de los terrenos silúrico y devónico.

LOCALIDADES. — La region clásica para este combustible es el Norte América, donde parece ocupa una superficie de 16.000,000 de hectáreas, relacionado el desarrollo excesivo de este combustible con la abundancia del petróleo, que existe en especies de lagos subterráneos. La cuenca de los Alpes occidentales, aunque no muy rica en combustible, es notable por la extension que alcanza y por los accidentes que ofrece. En Rusia se calcula en dos millones y medio de hectáreas el terreno que ocupan la antracita y la ulla. Por último, en la Península se encuentra en Colunga (Asturias), Hernani (Guipúzcoa) y en otros puntos.

APLICACIONES. — La antracita solo puede aplicarse como combustible, y para ello hay que construir hornos á propósito, de gran corriente, con el fin de evitar la aglomeracion de los fragmentos que produce al quemarse.

Grafito

ETIMOLOGÍA. — Esta palabra se deriva del griego *graphos*, que significa escribir.

SINONIMIA. — Plombagina, lápiz plomo, *blaksead* en inglés.

DEFINICION Y CARACTERES. — El grafito con el diamante, del que trataremos para concluir, representan el último término de la serie de los combustibles; formados ambos á dos esencialmente de carbono, al que se asocian como materias accidentales, el hierro y escasas sustancias bituminosas. Es el grafito de color gris de plomo, de aspecto y brillo metálico, parecido al sulfuro de molibdeno; de tacto untuoso y suave; se deja rayar con la uña; de estructura laminar ú hojosa, y de peso doble que el del agua, es infusible, arde tan difícilmente como el diamante, propiedad que ha servido para una de sus mas importantes aplicaciones.

VARIEDADES. — Grafito escamoso, apizarrado, compacto y térreo.

YACIMIENTO. — Unas veces es el grafito resultado del metamorfismo de otros combustibles, como consecuencia de la accion de rocas ígneas, segun anteriormente hemos indicado; otras se encuentra en masas sueltas subordinadas á las pizarras cristalinas, pertenecientes á los terrenos de sedimento mas antiguos. Tambien suele encontrarse en el gneis, segun se indicó al describir esta roca. De modo, que teniendo en cuenta el carácter neptúnico de los terrenos en que suele hallarse este combustible, así como los tránsitos á la antracita, á la ulla y hasta el mismo lignito, si á este dato añadimos el hallazgo en las rocas que lo encierran, de impresiones de plantas fósiles, creo que no podrá dudarse de la índole orgánica de las sustancias que le dieron orígen. La serie de operaciones que la materia experimentó para adquirir el estado que hoy ofrece, debe haber sido numerosa y complicada, y sin que pretendamos dar de ello una explicacion cumplida, lo cierto es que desaparecieron de la composicion de las plantas que le engendraron todos los elementos constitutivos, exceptuando el carbono. Este pues, y el diamante, pueden presentarse como el caso mas completo de trasformacion de la materia. Esto no obsta para que algunos nieguen al grafito su orígen orgánico, no reconociendo en él sino la fijacion directa del carbono en aquellas edades tan remotas, aunque sin aducir para ello razon alguna plausible, ni explicacion satisfactoria.

LOCALIDADES. — La localidad mas importante por la abundancia y la excelencia de su calidad, es la de los Montes Urales, descubierta por Alibert, oficial de peluquero de Paris, que merced á dicho descubrimiento ha realizado una fortuna inmensa, habiendo merecido premios, medallas y condecoraciones de todos los príncipes de Europa, en las exposiciones y certámenes celebrados de algunos años á esta parte. A esta siguen las de Borrowdale y Cumberland (Inglaterra); Passaw (Baviera), y la de Pontuy (Francia). En la Península se encuentra en Benehavis, cerca de Marbella (Málaga), cuya mina gozó hace algun tiempo de bastante reputacion; Rojas Clemente la cita en Granada; tambien se halla cerca de Toledo, en Soria, en los Pirineos y en Molina de Aragon.

APLICACIONES.—Como su mismo nombre lo indica, esta sustancia sirve para fabricar lápices; mezclándola con materias grasas, se emplea para moderar el roce de las máquinas, y desleida en aceite, en polvo muy fino, para cubrir los hornillos y otros utensilios de hierro, poniéndolos á cubierto del oxígeno. Por último, los crisoles llamados de plombagina, tienen la ventaja de ser muy refractarios al calor.

Diamante

ETIMOLOGÍA. — Esta palabra procede del griego *adamos*, que significa indomable, en razon á su extremada dureza, y á su supuesta incombustibilidad.

DEFINICON Y CARACTÉRES.—El diamante es carbono puro cristalizado, presentándose en formas dependientes del sistema cúbico, con la particularidad de presentar las caras y aristas convexas. Su dureza es tal, que raya á todos

los cuerpos conocidos, y solo puede labrarse con su propio polvo: el brillo es propio, y por eso se llama diamantino; la estructura compacta, etc.

VARIEDADES.—Todas las variedades conocidas de diamantes consisten en las diferentes formas que afecta, y principalmente en el color, que suele ser blanco ó incoloro, azul, anaranjado, verde, rosa y hasta negro. Los lapidarios admiten cuatro grupos en los diamantes, á saber, oriental, occidental, borde y carbonado del Brasil, en cuya descripcion no entraremos, atendida la naturaleza de la obra.

YACIMIENTO.—Esta piedra fina, la mas estimada de todas por sus raras cualidades, unas veces se encuentra en cristales sueltos en las arenas ferruginosas y silíceas del terreno diluvial, asociado á hojuelas de mica, al oro, platino rubíes y otras piedras preciosas en los reinos de Visapur y Golconda (India), en la provincia de Minas Geraes (Brasil) y en Siberia, en la pendiente occidental de los Urales. Otras veces se ve engastado en la arenisca llamada itacolumita del Brasil, perteneciente, segun Humboldt, al terreno silúrico. Ahora bien, si se tiene en cuenta que dicho terreno es el mas antiguo entre los de sedimento, podremos formarnos idea de la remota antigüedad de este combustible, pudiendo tal vez ser el último grado de metamorfósis de la flora primitiva del globo, si es que no representa, como quieren otros, la primitiva fijacion del carbono.



Fig. 42.—Troncos de plantas carboníferas (Mina de St. Etienne)

APLICACIONES.—El principal uso que se hace del diamante es como piedra preciosa, origen con sobrada frecuencia de muchos vicios y de no pocos crímenes.

Para terminar, ponemos á continuacion la tabla del valor máximo de los brillantes perfectos, sacada de la obra de mi amigo el Sr. Miró, intitulada *Estudio de las piedras preciosas*, por tantos conceptos digna de recomendarse.

						Reales
De	5	quilates	ó	20	gramos. . .	36,000
—	5½	id.		22	id. . . .	43,560
—	6	id.		24	id. . . .	51,840
—	6½	id.		26	id. . . .	60,840
—	7	id.		28	id. . . .	70,560
—	7½	id.		30	id. . . .	81,000
—	8	id.		32	id. . . .	92,160
—	8½	id.		34	id. . . .	104,090
—	9	id.		36	id. . . .	116,640
—	9½	id.		38	id. . . .	129,960
—	10	id.		40	id. . . .	144,000

PARTE TERCERA—GEONOMÍA

La palabra Geonomía, que encabeza esta tercera parte, derivada de *ge*, tierra, y *gnomos*, ley, significa estudio de las que han presidido á la distribucion de la materia orgánica é inorgánica en el globo; lo cual quiere decir, en otros términos, que los materiales terrestres, cuya descripcion acabamos de trazar, ni han estado siempre como hoy se ofrecen á nuestra consideracion, ni se hallan distribuidos al acaso, sino mas bien obedeciendo á determinadas leyes ó principios.

Dos expresiones resumen esta distribucion ordenada de los materiales terrestres, á saber, formacion y terreno, palabras que indican la síntesis de la ciencia, así como la roca es el último termino del análisis geológico.

Formacion.—La palabra formacion es fundamental en la historia terrestre, y se aplica á todo conjunto de materiales que deben su orígen á una misma causa, cualquiera que sea la época en que esta ha obrado; así se dice con toda propiedad, formacion ígnea, neptúnica, marina ó lacustre, terrestre, etc.

Terreno.—La voz terreno comprende el conjunto de masas minerales, formadas durante un período geológico, sin tener en cuenta la naturaleza de la causa á que deben su orígen, como por ejemplo, terreno cuaternario, terciario, secundario, jurásico, cretáceo, etc.

De manera que la formacion es un accidente sincrónico ó contemporáneo, de escaso valor en el órden cronológico, siquiera sea importante en el concepto de expresar la diferente actividad de los agentes que han obrado y actúan aun en el globo; mientras que el terreno representa el elemento cronológico, siendo sinónimo de época geológica ó de alguna de sus divisiones.

Con el fin de facilitar esta materia, puede compararse la historia terrestre con la humana, y decir que la roca, la formacion y el terreno son para aquella lo que para esta es la sociedad, las clases, razas ó castas, y los períodos en que los historiadores han dividido la vida del hombre. ó si se quiere, la roca es el elemento constante, sin el cual no habria formaciones ni terrenos; la formacion, como síntesis de la dinámica terrestre, equivale á las razas, castas ó clases en la historia humana, y como ellas es sincrónica; por último, el terreno es la expresion del tiempo sucesivo que establece la cronología terrestre.

El estudio de las formaciones solo exige, segun estos principios, conocer á fondo las rocas, y cuando mas, algunos fósiles para esclarecer su naturaleza: el de los terrenos, que

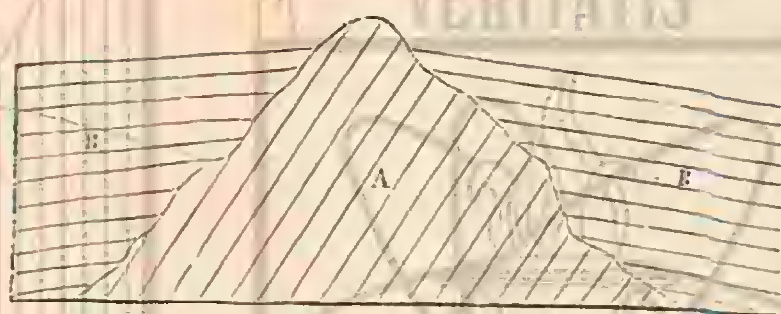


Fig. 43.—Teoría de las erupciones

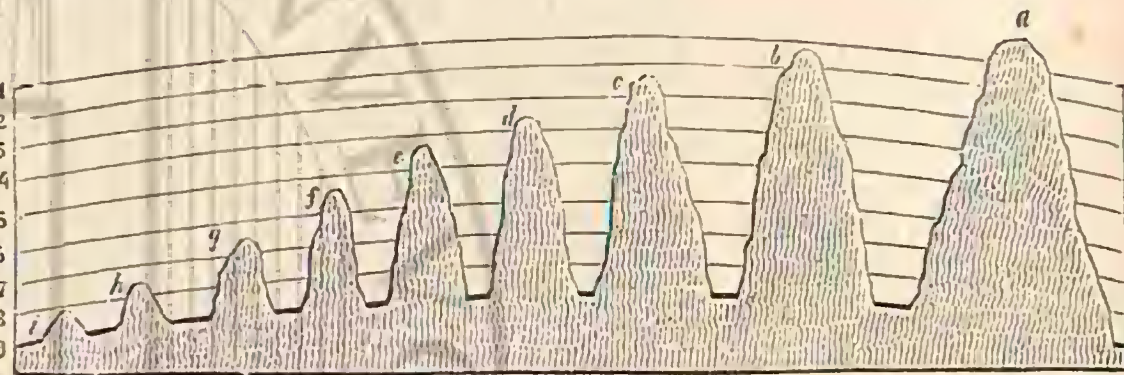


Fig. 44.—Discordancia de estratificacion

representa la verdadera historia terrestre, supone hallarse familiarizado con las rocas, con las formaciones, con los fósiles que contienen, y con todos los accidentes que los materiales terrestres pueden ofrecer. Para facilitar la inteligencia de asunto tan vital cuanto difícil, conviene ante todo establecer las bases para la division ó clasificacion de dichos terrenos, entrando despues en la descripcion particular de cada uno.—La primera division que se establece en la historia del globo es en dos grandes grupos, colocando en el primero todos los materiales anteriores á la aparicion de la vida, y en el segundo todos los posteriores. Partiendo de la primera consolidacion del globo, se ofrece á nuestra consideracion una doble serie de capas: las unas, infrapuestas á esta, representan períodos diversos y sucesivos de enfriamiento; las otras se hallan sobrepuestas y son resultado de causas muy diversas, y particularmente de lo que hemos llamado sedimentacion. De modo que, á ser posible, el exámen de los diferentes materiales de enfriamiento nos daria, segun el órden de infraposicion, el resúmen de la historia terrestre en tal concepto considerada. Pero la materia del interior del globo no se ha limitado tan solo á esto, sino que rompiendo el obstáculo que le opone la costra sólida, ha aparecido diferentes veces al exterior, participando de la naturaleza de las capas de enfriamiento y ocasionando efectos notables en los terrenos de sedimento ó de sobreposicion.

Tocante á la serie de materiales sobrepuestos á la primera capa de enfriamiento, en los que principalmente nos fijaremos por ser de mas fácil estudio, se ha convenido en dividirla en cuatro grandes épocas, que de abajo arriba se llaman primaria ó paleozóica, secundaria ó mesozóica, terciaria ó cenozóica, y cuaternaria ó neozóica. Cada una de estas se subdivide en lo que propiamente se llaman terrenos, formando en conjunto el cuadro, que por su mucha extension daremos aparte del texto.

Los medios de que nos valemos para llegar á tener una idea clara de cada terreno en particular, tratándose en especial de los de sedimento, son el estudio de las rocas, al que llamamos carácter mineralógico; el conocimiento de los accidentes que ofrecen los bancos ó estratos y es el carácter estratigráfico, y por último, la distincion de los fósiles que se resume en el carácter paleontológico. Veamos qué importancia alcanza cada uno de ellos.

Carácter mineralógico.—Si bien la descripcion de un terreno exige el estudio y conocimiento profundo de las rocas que lo componen, pues por ello se empieza cuando se trata de distinguirle y clasificarle, el carácter mineralógico ofrece escaso valor desde el momento en que dos terrenos diferentes pueden ofrecer la misma composicion, y en uno mismo presentarse en localidades distintas una composicion diversa; solo en algunos casos podrá ser característica la presencia de determinadas sustancias, como por ejemplo, el carbon en el carbonífero, las margas irisadas y el ródeno en el triásico, etc.

Carácter estratigráfico.—Mas importante que el anterior, el carácter estratigráfico se funda en la manera especial cómo se han ido depositando los materiales de sedimento, lo cual permite establecer el principio de que cuando en un mismo corte existen dos ó mas órdenes de capas, si estas no han sufrido dislocaciones posteriores, puede asegurarse que las de abajo son mas antiguas que las de arriba, segun demuestra la figura 43, en la que las capas B son mas antiguas por ser superiores á las marcadas con la letra A. Sin embargo, puede suceder, y de ello citaremos mas de un caso, que por efecto de movimientos terrestres, haya inversion en las capas ó estratos, en cuyo caso, el carácter estratigráfico puede inducir en error.

Carácter paleontológico.—El verdadero carácter geológico, y en el cual debe fundarse así la relativa, como la edad absoluta de los terrenos, es el paleontológico, que consiste en la naturaleza de los restos orgánicos que se encuentran en el seno de los materiales terrestres. Con efecto, conteniendo cada terreno una fauna y una flora especial, el conocimiento de sus representantes servirá para distinguir

perfectamente unos terrenos de otros; y si por otra parte recordamos que los séres que simbolizan las mencionadas faunas y floras, se asemejan tanto mas á los actualmente vivos, cuanto mas moderno es el terreno en que se encuentran, es claro que por este medio podremos designar la edad de aquellos. Pero para que el conocimiento de un terreno sea cabal, siquiera se dé la preferencia al carácter paleontológico, debe fundarse tambien en el estratigráfico y el mineralógico. En su virtud, y guiado por la larga práctica de mas de veinte años de excursiones científicas, aconsejo á los que quieran conocer á fondo la materia, que empiecen por estudiar y recoger en el lugar mismo las rocas que representan cada terreno; determinando despues con precision todos los accidentes que ofrecen los estratos, y recogiendo, por último, con las precauciones debidas, el mayor número posible de fósiles como complemento y verdadera piedra de toque para resolver todas las dificultades que la parte mineral y estratigráfica de un terreno pueda ofrecer.

Hay, pues, que estudiar terrenos eruptivos, que arrancando de las diferentes capas de enfriamiento del globo, han ido apareciendo al exterior, á través de los estratificados, produciendo en ellos, no solo el metamorfismo que ya estudiamos, sino tambien dislocaciones mas ó menos importantes en los estratos ó capas. Terminado esto, seguirá la descripcion de los de sedimento, cuyas relaciones con los otros pone de manifiesto la figura 44, en la cual los trazos horizontales, cuya curvatura representa la del globo, expresan los terrenos de sedimento, segun el órden de sobreposicion, mientras que las masas a, b, c, etc., indican los materiales eruptivos intercalados.

CAPÍTULO PRIMERO

DESCRIPCION DE TERRENOS

PRIMERA SERIE—*Plutónico-ígnea*

Decididos á seguir el órden cronológico, segun el cual han ido apareciendo de abajo arriba los materiales terrestres, empezamos por la serie Plutónico-ígnea, la cual comprende las rocas que llevan estos nombres, llamadas tambien hidrotermales y volcánicas. Con el fin de facilitar la inteligencia de esta materia, ofrecemos á continuacion dos cuadros, de los cuales el primero da una idea cabal de la composicion de los terrenos plutónico ígneos, y el segundo indica claramente las relaciones que existen entre estos y los de sedimento.

CUADRO GEOGNÓSTICO DE LOS TERRENOS ERUPTIVOS

	ROCAS	MINERALES CONSTITUTIVOS	CONDICIONES GENERALES DEL CRIADERO
Terreno piroidéo ó volcánico.	Lavas, escorias y cenizas.	Feldespato, labrador, anortita y piróxeno.	Volcanes activos, y apagados con conos y cráteres; lavas celulares posteriores á los terrenos terciarios superiores.
	Basaltos, escorias, wackas.	Labrador, anfigena, zeolitas, analcima, piróxeno, peridoto, hierro oxidado.	Dikes; corrientes al descubierto, cubriendo mesetas extensas; lavas columnares. Aparecieron del fondo del globo, desde los terrenos terciarios hasta la época de los aluviones antiguos.
	Traquitas, fonolitas, obsidianas y pómez.	Ortosa vítreo, riacolita, anfibol.	Altas cúpulas (Domes), dikes; grandes acumulaciones, en las que las traquitas alternan con tobas, brechas y conglomerados traquíticos. Corresponden al período terciario.
Terreno porfídico.	Ofitos.	Anfíbol, Lherzolita.	Masas de levantamiento y dikes, cuya aparicion en los Pirineos se efectuó entre las calizas nummulíticas y la arcilla plástica.
	Serpentinas, eufótidas y gabbros.	Serpentina, dialaga, esteatita, jade.	Masas acompañadas de gabbros, y de conglomerados ofiolíticos, posteriores en los Alpes y Apeninos á los machiños del terreno cretáceo.
	Trapps, meláfidos, anfibolitas, grunstein, amigdaloideas.	Piróxeno, anfíbol, labrador, oligoclasa, ortosa.	Corrientes, dikes y masas empotradas en las islas Británicas, en el Palatinado, en el Nassau, el Harz, etc., entre el período secundario y las areniscas del terreno pérmico.
	Pórfidos feldespáticos, euritas, petrosilex, pórfidos cuarcíferos, Dioritas.	Ortosa, albita, oligoclasa, anfíbol, cuarzo y mica.	Masas montañosas, filones y grandes dikes en los Vosgos, en los alrededores del Roanne, en el Erzgebirge, anteriores al período pérmico. Las erupciones esporádicas de estas rocas se verificaron durante toda la serie secundaria.
Terreno granítico.	Sienitas, protoginas, granitos.	Ortosa, albita, cuarzo, mica, anfíbol, talco.	Masas eruptivas y de levantamiento contemporáneas de los terrenos paleozóicos; en los Alpes se han extendido hasta el período jurásico, y en la isla de Elba son posteriores al grupo cetáceo.

- Formacion aluvial.
  - Aluviones y turbas.
  - Diluvio alpino.
- Terrenos terciarios
  - Superior. . . . . Aluviones antiguos de la Bresse.
  - Medio. . . . .
    - Fahlun.
    - Molsa.
    - Areniscas de Fontainebleau.
  - Inferior.. . . .
    - Yeso de Montmartre y Aix.
    - Caliza basta.
    - Arcilla plástica.
- Terrenos secundarios
  - Terreno cretáceo. .
    - Creta blanca y margosa.
    - Creta glauca y arenisca verde.
    - Pisos neocómico y wealdico.
  - Terreno jurásico. .
    - Oolita superior.
    - Oolita media.
    - Oolita inferior.
    - Lias.
  - Terreno triásico. .
    - Margas irisadas.
    - Muschelkalk.
    - Arenisca roja moderna.
- Terreno pérmico. .
  - Arenisca de los Vosgos.
  - Zechstein.
  - Rothe todtliegende.
- Terrenos primarios
  - Terreno carbonifero. . . . .
    - Pizarras.
    - Areniscas.
    - Caliza carbonifera.
  - Terreno devónico.
    - Calizas.
    - Arenisca roja antigua.
  - Terreno silúrico. .
    - Superior.
    - Medio
    - Inferior
- Terreno azóico. .
  - Pizarras esteatíticas.
  - —micáceas.
  - —anfibólicas.
  - Gneis

- Terreno volcánico
  - Volcanes activos.
  - —apagados con cráteres.
  - Lavas celulares.
  - Basaltos con conos y cráteres.
  - Basaltos antiguos.
  - Fonolitas
  - Traquitas.
- Terreno porfídico (período metalífero)
  - Pórfidos traquíticos.
  - Euritas.
  - Yenita. Hierro oxidado.
  - Anfibolitas cupríferas
  - Serpentinas.
  - Ofitas de los Pirineos.
  - Eufótidas de los Alpes.
  - Trapps.
  - Meláfidos.
  - Dioritas
  - Pórfidos rojos.
  - —cuarcíferos
- Terr. o granítico
  - Granitos feldespáticos
  - Sienitas.
  - Protoginas
  - Granitos cuarzosos.

Granitos antiguos

DIVISION.—Esta serie, como su mismo nombre lo indica, abraza dos grupos, llamados el primero plutónico y el segundo ígneo ó volcánico.

PRIMER GRUPO.—TERRENO PLUTÓNICO Ó AGALÍSICO

DEFINICION Y DIVISION.—Los materiales ó rocas agalísicas, llamadas así por Brongniart, por ofrecer las señales mas evidentes de haber estado disueltas por la accion del fuego, llevan tambien el nombre de plutónicas, de Pluton, dios de los infiernos. Se distinguen principalmente por presentarse en masa en la base de los terrenos de sedimento mas antiguos, ó intercalados en sus estratos en forma de tifones, dikes ó filones con una estructura cristalina, nunca vítrea, ni celular ó esmaltada; lo cual supone que estas masas se formaron bajo la influencia de una presion enorme y de la accion en parte del agua.

Estos materiales constituyen ó se subdividen en dos formaciones: granítica y porfídica.

Primera formacion—*Granítica*

La formacion granítica se distingue por la estructura granujienta peculiar, hasta cierto punto, de la roca que le comunica el nombre y comprende los tres géneros de rocas que dimos á conocer bajo las denominaciones de granito tipo, granitos abortados y granitos degenerados. Entre estas rocas unas son esenciales á la formacion, como el granito, la sienita, la protogina, etc.; mientras que otras solo forman accidentes que, si bien suelen tener alguna aplicacion industrial ó agrícola, no ofrecen tanto interés científico.

Los límites de la formacion granítica son muy difíciles de determinar por varias razones; la primera, porque la aparicion de sus diferentes rocas no se verificó en una sola época, habiendo adquirido los materiales que la componen un carácter particular segun el período á que pertenecen; y la segunda por el íntimo enlace que ofrece con otros depósitos, en especial con las rocas metamórficas antiguas y con los pórfidos. Estos, con efecto, se ven muy á menudo en forma de tifones ó dikes, penetrando en las masas graníticas, poniendo en claro su edad relativa; pero como si la naturaleza se complaciera en complicar la cuestion, otras veces las rocas porfídicas aparecen atravesadas por las graníticas.

Dejando aparte los caractéres propios de las rocas, que ya dimos á conocer, esta formacion se distingue por el número de metales que en ella se encuentran, en forma de venas, filones ó dikes, ó diseminados de un modo irregular en su masa; si bien su riqueza no es tan notable como la de las formaciones porfídicas y cristalofílicas que acabamos de indicar.

La asociacion de los diferentes metales en la formacion granítica no es la misma en sus diferentes períodos; de consiguiente, esta circunstancia puede auxiliarnos en la determinacion de su edad respectiva. Así es que, en general, la presencia del rutilo supone una gran antigüedad en dichas rocas, como lo parece confirmar, por otra parte, el predominio de la sílice, su estructura mas compacta y las relaciones geognósticas. La existencia del wolfram ó tungsteno denota rocas medias; y por último, los granates, el talco y la turmalina suelen pertenecer á rocas graníticas mas recientes.

Tambien puede considerarse como carácter de la formacion granítica el presentarse alguno de sus elementos cons-

titutivos aislados en la masa de las rocas, en manchas ó bolsas, venas, dikes, y hasta filones, dando á esta expresion un sentido lato. Este carácter no solo sirve como distintivo de estos terrenos, sino que nos demuestra que originariamente todos los materiales que hoy los forman se encontraban en una especie de baño de fusion, como el de un metal fundido, ó bajo el aspecto de cieno hidrotermal granítico, segun opina Vezian, y que al tiempo de consolidarse y cristalizar, aquellos elementos que se encontraban en exceso, se agruparon en determinadas direcciones, probablemente bajo la influencia de corrientes eléctricas subterráneas, y determinaron los accidentes indicados.

La formacion granítica, en sentido vertical, puede decirse que recorre toda la serie de los terrenos de sedimento, desde los mas antiguos hasta los terciarios inclusive; aunque siempre son mas abundantes las rocas que la representan en aquellos que en estos.

En sentido horizontal ó geográfico, ocupa á veces comarcas enteras de 30, 40 y mas leguas cuadradas, determinando la mayor parte de los accidentes orográficos del suelo, cuya base ó cimientos representa. Otras veces estas formaciones se notan en puntos aislados ó manchones, formando contraste con los terrenos que atravesaron y dislocaron á su paso.

En general las formaciones graníticas constituyen montañas redondas coronadas por mesetas, cuando predomina el elemento feldespático; sus pendientes en este caso, y cuando los montes son de escasa elevacion, suelen ser suaves. Por el contrario, si es la sílice ó algun otro elemento el dominante, las formas son caprichosas, las cimas cortadas y piramidales, y las vertientes ásperas en las montañas muy altas, cuyas faldas presentan el aspecto del caos, por el amontonamiento irregular de los materiales desprendidos de las partes elevadas. Todo esto es aun mas característico en aquellas en que los elementos resisten desigualmente á los agentes exteriores. Los valles suelen ser anchos, aunque á veces ofrecen bordes escarpados, bastante profundos y escabrosos.

Las formaciones graníticas en su descomposicion suelen proporcionar mas arenas que tierras; de consiguiente, el suelo es en ellas poco persistente y muy permeable; la vegetacion necesariamente es higrófila ó amante de la humedad, como dice Thurmann. Estas tierras son, por lo comun, poco á propósito para el cultivo; préstanse, sin embargo, para bosques de pinos y otros árboles; y, al parecer, el estaño las prefiere á las demás. A no estar cubierto de otros terrenos, sobre todo del diluvium, los cereales y la vid no se crian bien en él. Seguramente á esta circunstancia se debe la excelencia de la tierra vegetal, que segun Schulz suele formarse en las llanuras, en los valles y al pié de las montañas graníticas de Galicia.

En esta formacion los manantiales se presentan en gran número, si bien de escaso caudal, resultando de la filtracion de las aguas al través de la delgada capa de detritus de su propia descomposicion, filtraciones que se suspenden en el momento en que las aguas dan contra la roca intacta, pues por efecto de su estructura maciza no les permite el paso.

Antes de terminar la historia de esta formacion, debemos notar un hecho muy curioso, que ofrece su distribucion en Europa, y es, que mientras las formaciones mas antiguas ocupan las regiones septentrionales de Suecia, Noruega y Rusia, las mas modernas, por el contrario, se hallan en las cordilleras del norte de Italia y del oeste en nuestra Península; siendo, generalmente hablando, intermedias las del centro del continente europeo.

Otra observacion importante es que la altura de las montañas de esta, como de todas las formaciones en general, está en razon inversa de su antigüedad, como nos lo demuestra, por ejemplo, en nuestro continente Montblanc, que es sin disputa la mas alta de todas, y probablemente la mas moderna, comparada con las montañas escandínavas (Suecia y Noruega), que son colinas respecto de aquella y de fecha muchísimo mas antigua.

Por último, tambien puede asegurarse que, en general, el cortejo mineralógico de esta formacion es tanto mas variado y rico, cuanto mas antiguos son sus materiales; circunstancia que hay que tener en cuenta en el terreno de la práctica.

La formacion granítica bajo el punto de vista industrial es una de las mas importantes por las variadas sustancias que suministra; así es, que además de las diferentes rocas íntegras y en estado de descomposicion que dimos ya á conocer en artículos especiales, el hombre encuentra en ella muchos metales y varias piedras preciosas, objeto de ricas explotaciones. Entre los primeros se hallan el oro, el cobre, el estaño, el arsénico, el molibdeno, las piritas de hierro y cobre y otros menos comunes. El topacio, la esmeralda, las turmalinas y todas las variedades de cristal de roca, se encuentran en ella. Hay, sin embargo, que tener en cuenta lo costoso que es la extraccion de esta piedra, cuando sirve de ganga, y la elevada temperatura que exige para dejarse beneficiar, pues ambas circunstancias aminoran el valor de la sustancia que se explota.

En cuanto á las aplicaciones á la agricultura, creemos haber dicho lo suficiente al hablar de las condiciones agrícolas de esta formacion, y de consiguiente, no hay por qué repetirlas.

Segunda formacion.— *Porfídica*

Bajo la denominacion de formaciones porfídicas, se comprenden muchas rocas de estructura maciza y compacta, de aspecto generalmente porfiroidéo y que se presentan comunmente en forma de dikes ó filones, atravesando otros terrenos plutónicos y tambien muchos de sedimento.

Las dos maneras de presentarse los materiales de la formacion porfídica no son contemporáneas, pues la de expansion ó en grandes masas es, en general, mas antigua que la de dikes ó filones. Por la primera se enlaza con la granítica y por la segunda con los terrenos volcánicos, con cuyos materiales conserva tan estrechas relaciones, que puede asegurarse que en donde terminan las unas, es decir, hácia la parte superior del terreno cretáceo, empiezan las otras.

La formacion porfídica, aunque lleva este nombre por el mayor desarrollo que en ella adquieren los pórfidos, abraza una porcion de rocas de composicion, si se quiere, diversa, pero enlazadas de tal modo por sus relaciones geognósticas y por los tránsitos insensibles de unas á otras, que, geológicamente hablando, no se pueden separar. Estos materiales son, además de los pórfidos, todas las rocas serpentínicas, anfibólicas, y algunas piroxénicas: en una palabra, todas las comprendidas con el nombre de pórfidos feldespáticos y magnésicos, en el cuadro de clasificacion.

Aunque las relaciones que unen á todos estos elementos dificultan su clasificacion, sin embargo, obligados por la necesidad del método, admitiremos con Omalius y otros autores la division en tres miembros ó sistemas, que corresponde, hasta cierto punto, con el órden cronológico de la aparicion de estos materiales del fondo del globo, y son: 1.° porfídico cuarcífero ó simplemente porfídico; 2.° ofiolítico; y 3.° piroxénico.

El primer sistema está representado principalmente por el ortofido rojo y cuarcífero, al cual hay que agregar otros pórfidos y rocas feldespáticas y anfibólicas, como la eurita, la

sienita, la diorita, etc. Algunas de estas podrá parecer extraño que formen parte del grupo porfídico, por cuanto figuran tambien en el granítico: esto es efecto natural de los tránsitos insensibles que se notan entre unas rocas y otras, al par que demuestra lo arbitrarias que son, al menos por ahora, todas las divisiones de los terrenos plutónicos, que solo se admiten convencionalmente y para facilitar el estudio. Con estos antecedentes no será fácil establecer los verdaderos límites de este sistema, debiéndonos concretar, por ahora, á decir que su posicion geognóstica es muy inferior en la serie, encontrándose en general en los terrenos mas antiguos, á veces debajo del granito mismo, con cuya roca se enlaza íntimamente por el intermedio de la sienita roja cuarcífera. Raras veces se encuentran los materiales de este sistema mas arriba de los terrenos paleozóicos.

El sistema ofiolítico ó serpentínico se compone casi exclusivamente de las diferentes variedades admitidas de la serpentina, á la que quizás pudieran añadirse las eufótidas y algunas rocas anfibólicas, por los puntos de contacto que ofrecen.

Generalmente los materiales de este sistema se presentan en dikes, afectando á veces el aspecto de capas empotradas ó intercaladas en relacion, en uno y otro caso, con las rocas cristalofílicas, en la base del terreno silúrico, cuya riqueza mineralógica han determinado en gran parte. Otras veces atraviesan de un modo mecánico la formacion granítica, extendiéndose á través de los materiales de sedimento hasta la parte superior del terreno cretáceo y principio del terciario. Para persuadirse de esto, basta recordar que el levantamiento de los Pirineos, interpuesto entre los estratos del terreno numulítico, pertenece ó fué determinado por la aparicion de muchos elementos de este sistema.

Las rocas de este adquieren grande importancia en los Pirineos, en los Alpes y en los Apeninos, en especial en los de Liguria. En la Península, en la parte correspondiente á la primera de estas cordilleras, puede decirse que muchos de los criaderos metalíferos que tanta importancia ofrecen, bajo el punto de vista industrial, están relacionados con este sistema, como ya dijimos en otro lugar.

Por último, el sistema piroxénico, que otros han llamado del trapp, por considerar á este modo de ser de algunas sustancias minerales como verdaderas rocas, y tambien grupo melafídico, por dar importancia á la expresion melafido, especie de *incertæ sedis*, en donde se colocan todas las rocas de colores oscuros y de composicion poco conocida, comprende una porcion de elementos geognósticos que reconocen por base al piroxeno, y tambien al anfíbol y á la hiperstena, rocas en general de colores oscuros, de estructura compacta con tendencia á la cristalina, que se presentan en dikes, y á veces en coladas ó corrientes, enlazándose, bajo este punto de vista, con el terreno basáltico; así como por su composicion mineralógica no es fácil marcar los límites que lo separan de la formacion granítica.

En este sistema se comprenden, además de ciertos pórfidos piroxénicos, anfibólicos y ofiolíticos, conocidos con el nombre vago de melafidos, otras rocas como la dolerita, la hiperstenita, las anfibolitas, etc. La mayor parte de estas rocas ofrecen por carácter el presentar una porcion de minerales diseminados ó tapizando las oquedades que se encuentran en su masa. La numerosa familia de las ceolitas, las ágatas, las calcedonias, las amatistas y cristales de roca, son las sustancias que mas comunmente se encuentran en este grupo. En cuanto á los metales, si bien no puede asegurarse que los contienen en su masa, sin embargo, muchos son compañeros muy frecuentes de las rocas de este sistema.

El sistema piroxénico no ofrece la importancia que los anteriores; sin embargo, se encuentra en varias regiones de Europa y en los otros continentes en pequeños manchones, como otros tantos centros de erupcion y dislocacion. En España tiene bastante importancia, aunque no sea mas que por el papel que desempeñaron sus rocas en los alrededores del gran criadero de Almaden, y en los de Guadalcanal, Riotinto, etc.

Las montañas porfídicas suelen ser, por lo comun, de escasa elevacion, constituyendo mas bien colinas que montes verdaderos, aunque algunas veces llegan á mil y mas metros de altura: sus formas son redondas, algo cónicas, de pendientes suaves; los valles empiezan por un circo y ofrecen, con frecuencia, en su curso la curiosa disposicion de dilataciones y estrecheces.

La estructura compacta de estas rocas y su tendencia á presentar grandes fracturas y hendiduras, hace que las aguas sean superficiales cuando aquellas se hallan cubiertas por alguna gruesa capa de descomposicion ó de terreno de sedimento, ó desaparecen por filtracion; siendo en general escasos en ellas los manantiales.

Prescindiendo de las aplicaciones que pueden hacerse de los pórfidos, serpentinas, etc., como materiales de construccion ó como piedras de adorno, segun indicamos ya en su lugar, las formaciones porfídicas ofrecen un gran interés industrial por el desarrollo que en ellas adquieren las sustancias metálicas susceptibles de explotacion, existentes unas veces en su propia masa, otras constituyendo verdaderos filones relacionados con ellas. La mayor parte de las minas de oro y plata de la América del sur se encuentran en estas formaciones: las minas de Hungría, de Sajonia, del Palatinado, de Cornwall, y el mayor número de los criaderos de galena argentífera, de plata, de mercurio y de cobre en la Península, pertenecen á esta formacion. Gran parte de la riqueza mineral de la Toscana en el continente y en la isla de Elba consiste en cobres, hierros y galenas, empotrados en este terreno en el sistema ofiolítico.

Bajo el punto de vista de las aplicaciones á la agricultura, puede decirse que en general, el terreno porfídico es poco propicio á la vegetacion, excepto en el caso de hallarse cubierto por una considerable capa de detritus ó de tierra vegetal; entonces es excelente para arbolado en las faldas y cimas de las montañas; en los valles se crian buenos prados y se dan bien los cereales.

SEGUNDO GRUPO—TERRENO PIROIDÉO Ó VOLCÁNICO

Los terrenos llamados piroidéos ó volcánicos, se componen de muchas rocas de estructura menos cristalina que la de los graníticos, escoriforme, algo terrosa, celular á veces y esmaltada. El modo de presentarse estos materiales en general, no es en grandes masas, sino mas bien en corrientes ó coladas, afectando la disposicion de capas alrededor de los centros de erupcion, y tambien accidentalmente en forma de dikes ó tifones, atravesando estratos ó depósitos de sedimento, y hasta penetrando algunas rocas plutónicas.

Los materiales volcánicos, efecto de su aparicion por una cavidad central, suelen acumularse alrededor de dicho punto llamado cráter, y á veces levantan los bancos de otros productos eruptivos anteriores, los dislocan y alteran mas ó menos profundamente, imprimiendo un sello especial á las montañas que constituyen. La forma de estas es con frecuencia cónica ó concoidéa, y suelen ocupar el centro de una llanura circular limitada por paredes mas ó menos verticales, dando al conjunto el aspecto de lo que se llama cráter de levantamiento.

DIVISION.—Este grupo consta de tres formaciones que son: traquítica, basáltica y lávica.

Primera formacion.—*Traquítica*

El grupo traquítico, que en el órden cronológico es el mas antiguo de los volcánicos, consta, no solo de la roca que le da nombre, sino tambien de todas las que comprendimos bajo esta denominacion en la clasificacion genealógica.

Estos elementos se presentan en su estado de integridad formando montones mas ó menos elevados, de figura cónica, con un cráter en su interior por lo comun; otras en masa y en forma de cúpula, como le sucede á la domita. En estado incoherente ó suelto y en rocas conglomeradas, se presentan en capas ó masas al pié de sus propias montañas. En uno y otro caso los materiales de esta formacion se distinguen perfectamente por los caracteres que les asignamos al trazar su descripcion.

El tránsito de unos á otros es tan insensible, que con dificultad pueden marcarse sus verdaderos límites. Tambien los lazos que unen á estos materiales con los de la formacion porfídica son muy íntimos, de modo que con frecuencia se mezclan y confunden; siendo esto tan cierto, que todavía no se sabe á punto fijo si los metales que muchos les atribuyen y que les dan su importancia industrial, les pertenecen de hecho ó forman parte, por el contrario, del grupo anterior, como opinan autores de mucha nota. Las ágatas, sin embargo, pueden considerarse como elementos habituales de la formacion traquítica.

Este grupo, despues del granítico, es el que mas directamente contribuye á determinar el carácter orográfico de una parte muy principal de la superficie terrestre; tal es el desarrollo que en ciertas épocas han adquirido sus materiales. Para convencerse de ello basta considerar que la gran cordillera de los Andes, á cuya aparicion atribuyen muchos el diluvio que puso término á la época inmediatamente anterior á la actual, está formada en su mayor parte de montañas mas ó menos cónicas, esencialmente traquíticas.

La meseta de Auvernia, en Francia; la mayor parte de las regiones volcánicas de Italia; la comarca del Siebengebirge (de las siete montañas), y otras en Alemania y Hungría; varias localidades de España, en especial el distrito de Cabo de Gata y Mazarron; casi todas las islas Canarias, las Azores y del Cabo Verde, pertenecen á esta formacion.

En sentido vertical suelen alcanzar, á veces, un desarrollo extraordinario, como en el Pico de Pichincha y en el Cotopaxi (América del Sur), que llega á 4,000 y mas metros de altura.

Cuando esta formacion ocupa una region muy vasta, suele formar grupos de montañas cónicas alrededor de un centro de erupcion, representado por la cima mas alta, ó formando una faja ó zona de montes, que sigue la direccion del eje de su levantamiento, disminuyendo en importancia á medida que se alejan de él.

La notable permeabilidad de esta formacion, hace que las aguas desaparezcan con prontitud, y que en consecuencia se presente pobre en manantiales.

Prescindiendo de las aplicaciones que pueden hacerse de las rocas que lo constituyen, pues las indicamos ya en su lugar, el grupo traquítico suministra entre los metales el oro (en Hungría), la galena argentífera, como de ello nos da buen ejemplo el distrito de Mazarron, segun el Sr. Maestre, y otros. Entre las materias no metálicas deben colocarse en primer término las ágatas y los ópalos, entre los cuales los de Hungría son los mas estimados. Por la descomposicion proporcionan los alumbres y kaolines; sustancias que se explotan en gran escala en Mazarron.

Bajo el punto de vista agrícola, puede decirse que no es del todo impropio para la vegetacion, atendida la facilidad con que se descomponen los materiales, y á la abundancia de arcilla y de otras sustancias que suministra. Así es que en las regiones altas se crian bien las gramíneas, que adquieren gran lozanía y constituyen prados siempre verdes; en las regiones medias se dan bosques de pinos; y en los valles y llanuras la vid y los cereales crecen y se desarrollan admirablemente.

El famoso vino Tokay procede del terreno traquítico de Hungría.

Hay que tener, sin embargo, en cuenta que si la capa vegetal no es de mucho espesor, por efecto de la natural permeabilidad de las rocas y del estado fragmentoso que suele ofrecer el terreno, el suelo es árido ó poco fértil.

Segunda formacion.—*Basáltica*

El grupo basáltico es uno de los mejor caracterizados entre los plutónicos, tanto por la homogeneidad de las rocas que lo componen, que en rigor, pueden referirse al basalto y á los productos de su descomposicion, cuanto por las formas que afectan las montañas y los accidentes que ofrece el terreno.

La tendencia á las formas prismáticas y la consecuencia natural de esta disposicion, que se deja conocer por el aspecto de las montañas, generalmente planas, de escasa elevacion é imitando calzadas, pavimentos y otros mil caprichos dominados siempre por superficies mas ó menos planas, lo caracterizan perfectamente.

Lo mismo que en el traquítico, sus materiales se presentan en estado compacto ó incoherente, constituyendo en el primer caso el basalto propiamente dicho, la basanita y otras rocas análogas; en el segundo, los peperinos, las tobas basálticas, etc.

Estos suelen entrar á formar parte esencial de terrenos de sedimento, en capas regulares con sus fósiles propios, ocupando el fondo de los valles ó las faldas y el pié de las montañas basálticas. Aquellos, por el contrario, se presentan en dikes, filones y masas que atraviesan otros terrenos, ó en corrientes intercaladas en los estratos de formaciones marinas ó lacustres, adaptándose á sus accidentes, y dificultando con frecuencia el estudio de unos y otros.

La formacion basáltica se enlaza intimamente con muchas de las de sedimento, de las cuales llega á formar parte, como acabamos de ver. En sus inmediaciones las rocas demuestran haber sufrido alteraciones á veces notables; las calizas suelen hacerse cristalinas, y la ulla pierde parte de sus materias bituminosas, pasando á verdadera antracita. Este grupo no es rico en sustancias minerales; debiendo citar tan solo el peridoto entre las que se prestan á la explotacion, destinándose á objetos de adorno como piedra fina.

Los terrenos plutónicos siguen en su distribucion la misma ley que los de sedimento, empezando los mas antiguos por hallarse muy esparcidos en la superficie del globo, y circunscribiéndose cada vez mas á medida que son mas modernos. Así es que la formacion basáltica, léjos de ocupar vastas regiones como la granítica y traquítica, solo se encuentra en determinados centros de erupcion local y muy circunscritos, ofreciendo por lo tanto poca importancia.

La formacion basáltica, compuesta de muy pocos elementos y afectando cierta regularidad en la composicion y modo de presentarse, comunica á las regiones en que se encuentra un carácter orográfico singular. Dominado el elemento principal de este grupo, el basalto, por esa tendencia tan notable á las formas esferoidal y prismática, como se dijo ya en la descripcion de esta roca cuando se presenta en grandes ma-

sas, constituye montañas de pendientes muy ásperas, cortadas á pico, ofreciendo especies de terraplenes ó azoteas coronadas por una meseta mas ó menos plana.

Cuando la roca se halla en estado de descomposicion suele formar montañas redondeadas; y si algunas partes del terreno ofrecen mas resistencia que las otras, afectan, miradas desde léjos, formas caprichosas, como de castillos antiguos, calzadas, etc.

En Hungría y Silesia se presenta esta roca en forma de colinas aisladas, mas ó menos redondas, coronadas por una meseta de escasa elevacion, de 240 á 250 metros. En otros puntos y en especial en las islas de Java y Banda, se halla muy desarrollada, llegando á constituir montañas de 2 á 3,000 metros de altura.

Sin entrar en la descripcion de los que podrian llamarse monumentos basálticos, como la gruta de Fingal, las calzadas de los Gigantes de Pleaskin, Bengore, en Irlanda, y en los alrededores de Puy, en Francia, basta citarlos para completar la descripcion de las formas y accidentes de este terreno.

La formacion basáltica contiene algunos criaderos metalíferos de importancia, debiendo citar como el mas notable el de plata de Joachimsthal, en Bohemia, que se explota en el basalto del período terciario.

En Cabo de Gata se beneficia en varios puntos la galena argentífera, en Mazarron el alumbre, y el manganeso en el Garbanzal (Hijar).

Además este terreno es precioso por la cantidad de arcilla que suministra su propia descomposicion, cuya utilidad en las aplicaciones á la agricultura, á la alfarería, etc., es ya sobrado conocida para que insistamos en ello.

Tercera formacion.—*Lávica*

Esta formacion, á la que en rigor podria aplicarse el nombre de volcánica por excelencia, si esta expresion se refiere exclusivamente á los volcanes modernos, hállase constituida por la lava ó tefrina en estado coherente, celular, compacto ó suelto y mas ó menos térreo. Estos materiales afectan la forma de coladas ó corrientes, imitando perfectamente capas y estratos mas ó menos inclinados alrededor de un punto central, accidentes que se ha convenido en llamar cráter de levantamiento y de erupcion. De esta circunstancia depende la forma cónica de las montañas lávicas, dispuestas alrededor de un punto, ora hueco, ora ocupado por materia de la misma ó de naturaleza distinta, que representa, segun algunos autores, el agente ó la potencia que determinó el levantamiento y la inclinacion de sus capas.

Como esta formacion atraviesa la basáltica y traquítica, se establecen entre las tres tales puntos de contacto y relaciones tan íntimas, que difícilmente puede marcarse la línea de separacion entre unas y otras.

Los elementos de esta formacion son la lava ó tefrina y todas las variedades que describimos en su lugar, y en estado incoherente el lapilli, las cenizas volcánicas y otros productos sueltos ó aglutinados por cualquier cemento, constituyendo las tobas que se presentan alternando con las corrientes de lava, y tambien formando parte de terrenos de sedimento modernos.

Como elementos accidentales ofrece esta formacion muchos minerales de base de sílice, intercalados ó empotrados en su masa, y además varias sustancias cristalizadas, resultado de la sublimacion ó del metamorfismo de sus rocas, como el azufre, varios óxidos de hierro y de cobre, el rejalgar, el ácido bórico, el cloruro amónico, el yeso, la sal comun y otros.

Siguiendo la ley de que cuanto mas modernos mas circunscritos se hallan los terrenos, el grupo lávico que representa el último de los eruptivos, debe naturalmente ser el mas localizado de todos. Con efecto, la formacion lávica está hoy reducida á los volcanes activos, como el Etna, Stromboli, el Vesubio, las diferentes islas volcánicas modernas de Grecia, los centros eruptivos de Islandia, Kamtchatska, islas del Pacífico y Atlántico, y los volcanes del continente americano, asiático, africano, etc.

Difícilmente se hallará un terreno cuyos elementos incoherentes ó los compactos en estado de descomposicion se presten mas á la agricultura, y den una tierra vegetal mas fértil para plantas útiles de todas especies; pero muy especialmente para la vid, algarrobo, olivo y árboles frutales, y tambien para el trigo, cebada, etc. La riqueza y variedad de la vegetacion de las regiones volcánicas, y en especial del Vesubio y del Etna, y lo exquisito de sus frutos son proverbiales y bien conocidos.

Terminaremos el estudio de los terrenos volcánicos con la reseña de los tres ó cuatro distritos mas importantes de la Península. Estos pueden clasificarse del modo siguiente respecto de su situacion topográfica: el primero es esencialmente continental, y comprende la region del Campo de Calatrava y Ciudad-Real; el segundo es casi litoral, y es el de Olot y Castellfollit (Cataluña); el tercero es esencialmente litoral, á saber: el del Cabo de Gata y Cartagena; por último, el cuarto es insular ó marino, constituido por la cordillera submarina de las islas Columbretes.

SEGUNDA SERIE – NEPTÚNICA

Terrenos de sedimento

La segunda serie del cuadro de clasificacion es la de los terrenos estratificados ó fosilíferos, y como, segun lo que va indicado, los caractéres que sirven para distinguirlos son el mineralógico, el estratigráfico y el paleontológico; habiendo ya dicho en la descripcion de las rocas cuanto en una obra de esta índole es posible exponer tocante al primero, estamos ya en el caso de abordar el exámen de los otros dos. Esto nos obliga á tratar con alguna extension acerca de la Estratigrafía que resume el carácter estratigráfico, y de la Paleontología, que hace lo propio respecto al paleontológico.

CAPÍTULO PRIMERO

Estratigrafía

DEFINICION.—Esta palabra, derivada del latin *stratum*, capa ó lecho, y del griego *graphos*, significa descripcion de todo lo relativo á los bancos, capas, estratos ó lechos; parte importante de la Geología, sin cuyo auxilio la descripcion de los terrenos seria punto menos que imposible.

ESTRATIFICACION.—La palabra estratificacion significa el modo de presentarse los estratos en el terreno de sedimento.

CAPA Ó ESTRATO.—Por capa ó banco se entiende toda masa mineral, generalmente de mucha extension, cuyos planos superior é inferior, si su posicion es horizontal, laterales, si es vertical, conservan entre sí cierto paralelismo, cualesquiera que sean los accidentes que ofrezca.

PLANOS DE ESTRATIFICACION Y DE JUNTURA.—Las caras paralelas que limitan las capas se llaman planos de estratificacion; otras líneas oblicuas ó perpendiculares á estas separan á veces los materiales que componen una capa en porciones regulares, que indican siempre cierta

retraccion en la materia, á cuyos planos se da el nombre de juntura. Los canteros granadinos, segun Rojas Clemente, los designan con el nombre de cabezas de las rocas, acciden-

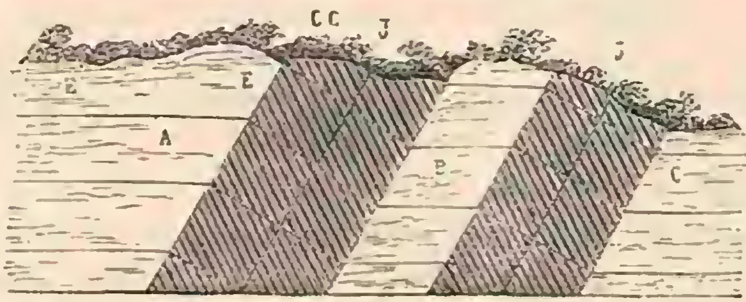


Fig. 45.—Planos de crucero

A, B, C, superficies de un escarpe en que se ponen de manifiesto todos estos accidentes.—E, E, planos de estratificacion.—C, C, planos de crucero.—J, J, planos de juntura.

te comun en las pizarras y en otras metamórficas, y cuyo conocimiento es trascendental.

PLANOS DE CRUCERO.—Por último, cuando las láminas ú hojas que componen una roca, en vez de ser paralelas á los planos de estratificacion se presentan oblicuas, constituyen un tercer órden de planos que se llaman de crucero. La figura 46 explicará estos accidentes.

GRUPO, PISO, HILADA.—Los estratos en su conjunto constituyen un terreno; pero como no siempre es fácil encontrar reunidos en un solo punto todos los componentes de uno mismo, y como puede suceder tambien que aun en este caso ofrezcan accidentes diversos, de aquí la necesidad de dividir el terreno en grupos, estos en pisos, y, por último, en hiladas, comparables á las capas de ladrillo ó piedra que se sobreponen en la construccion de un edificio.

ESTRATOS ESENCIALES, HABITUALES Y ACCIDENTALES.—Todos los materiales que se observan en los terrenos no ofrecen siempre igual importancia para su determinacion, de donde derivan las expresiones de rocas ó estratos esenciales y característicos, como por ejemplo, el carbon en el carbonífero: habituales, los que sin ser de necesidad en un terreno dado, se presentan con mucha frecuencia, como por ejemplo, las calizas cristalinas en el gneis, la Dolomia en el terreno cretáceo, etc.

HORIZONTE GEOGNÓSTICO.—Cuando hay identidad ó mucha semejanza de composicion en dos terrenos mas ó menos distantes entre sí, se acostumbra á llamarlos paralelos; y cuando esta similitud de caracteres se refiere á la composicion mineral ú orgánica de algun estrato, hilada ó piso, recibe esta el nombre de horizonte, geognóstico en el primer caso, paleontológico si la identidad es entre especies fósiles. Así decimos, por ejemplo, horizonte del Muschelkalk, de la arenisca verde, etc., de la *ostrea arcuata*, del *cerithium*

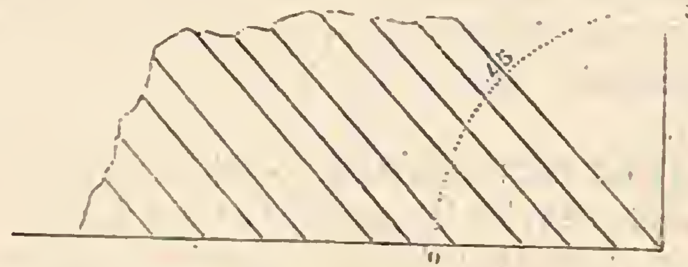


Fig. 46.—Inclinacion

lapidum y otros; por donde se ve que la palabra horizonte geognóstico es sinónima de estrato esencial.

Los estratos en un terreno pueden estudiarse en sí, ora uno á uno, ora muchos reunidos ó bien en las relaciones

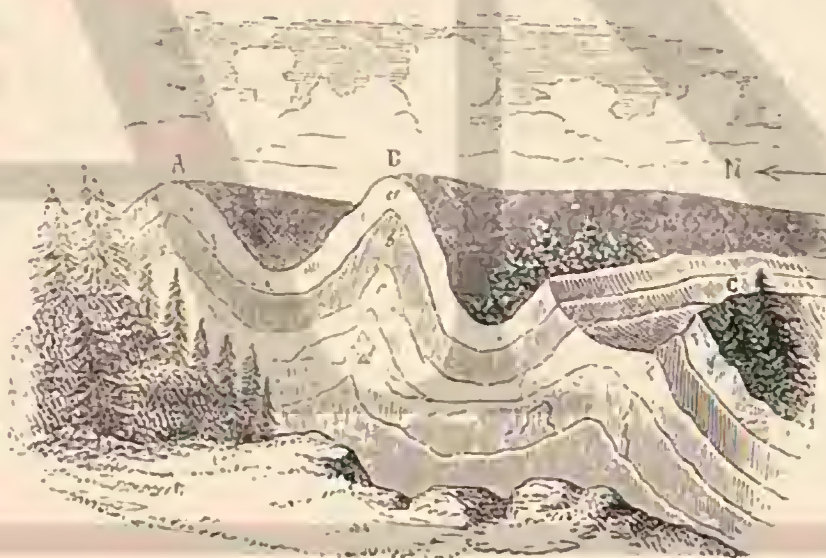


Fig. 47.—Corte de una parte del Jura

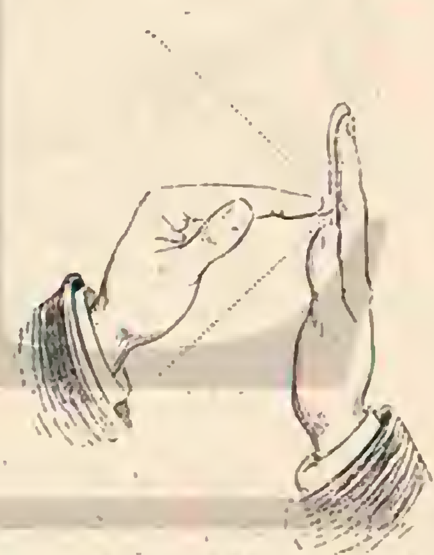


Fig. 48.—Inclinacion de las capas

mutuas que entre ellos existen. En el primer caso hay que examinar la direccion y la inclinacion, su continuidad ó interrupcion: en el segundo la concordancia y la discordancia.

DIRECCION Ó RUMBO.—Llámase direccion ó rumbo de las capas, el punto del horizonte hácia donde se dirigen, para lo cual es preciso que ofrezcan cierta inclinacion, pues las horizontales no la tienen determinada, variando segun se las mire. Para apreciar la direccion nos valemos de la brújula, haciendo coincidir la de los estratos con la línea que marca el Noroeste, en cuyo caso el ángulo que forma la aguja determina el rumbo. Conviene para esto tener en cuenta lo que se llama declinacion magnética, que es la desviacion que el polo magnético ofrece respecto del terrestre. Hoy dia es occidental y en nuestras regiones era en 1858 de 20°—7°,9.

INCLINACION.—Cuando una capa ó serie de ellas no es horizontal, se dice en términos geológicos que buza; el punto por donde se pierden con frecuencia en el interior de la tierra, se llama buzamiento, y el ángulo que forman con la vertical levantada en dicho punto, representa la inclinacion, segun indica la figura 46.

Para hacer inteligible esta materias, una de las mas importantes de la Estratigrafía, puede compararse la direccion é inclinacion de los estratos, al caballete y aleros de un tejado; aquel representa la direccion, éstos la inclinacion ó buzamiento. El adjunto corte del Jura puede completar esta idea, supuesto que las líneas *a b c*, que representan las crestas de dicha cordillera, son las equivalentes al caballete, así como las pendientes ó laderas indican la inclinacion. De donde se deduce que dirigiéndose las capas de norte á sur, el buzamiento necesariamente ha de ser de este á oeste, ó de oeste á este.

Para medir la inclinacion de las capas, podemos valernos de diferentes medios: si no se aspira á una gran exactitud, y carecemos además de instrumentos á propósito, nos serviré-

mos de las manos, segun indica la adjunta figura, haciendo que una de las dos sea la vertical, y la otra paralela al buzamiento de los estratos.

CLINÓMETRO.—Los geólogos ingleses suelen servirse del *clinómetro*, que es el aparato representado en la fig. 49,

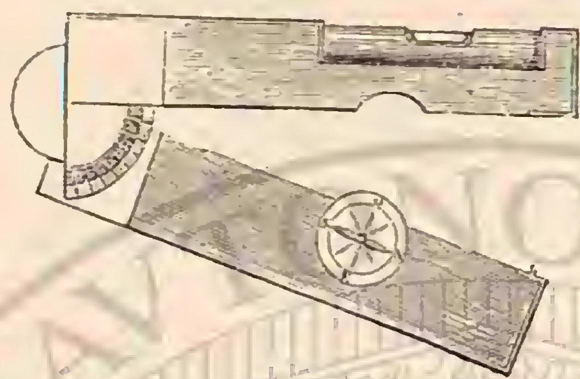


Fig. 49.—Clinómetro

para cuyo uso la rama inferior ha de coincidir con la de inclinacion de las capas, y la superior se pone horizontal por medio del nivel allí indicado; como la charnela lleva un semicírculo graduado, éste indica el valor del ángulo. Con la brújula que existe en la rama inferior puede apreciarse la direccion.

BRÚJULA DE GEÓLOGO.—El instrumento de que generalmente se valen los geólogos es la brújula, que indica la figura 50 y con la cual es fácil apreciar la direccion, mayormente si, como sucede en algunos, lleva marcada la declinacion magnética; y tambien la inclinacion, fijando primero la aguja, sacando despues la pieza que aparece entre los

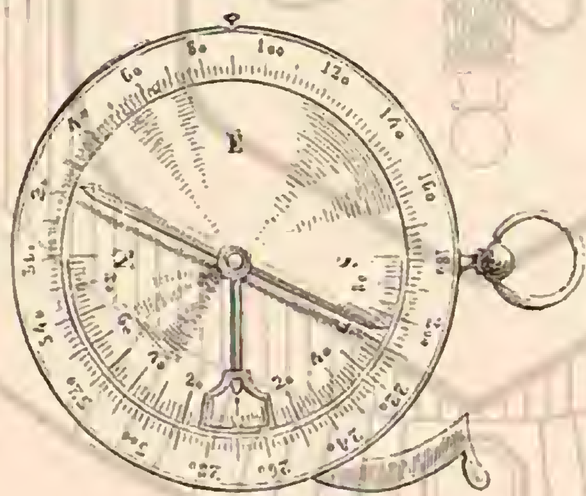


Fig. 50.—Brújula de Geólogo

grados 240 y 260, con la cual y el borde de la misma brújula, forma ésta asiento, ó se adapta mejor que á las capas mismas al mango del martilllo, que se hace coincidir con éstas. Despues de lo cual, en el semicírculo graduado que lleva la misma brújula, se nota la desviacion del indicador ó plomo y ésta será la inclinacion.

Respecto al punto hácia donde se verifica el buzamiento, lo da siempre la misma direccion, con la cual aquella forma un ángulo de 99°.

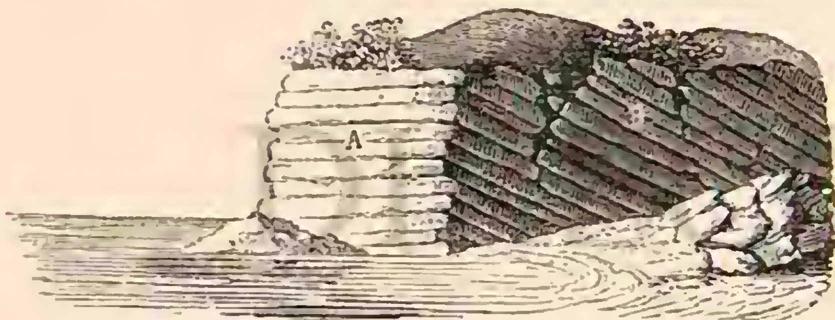


Fig. 51.—Horizontalidad aparente de las capas

LÍNEA ANTICLINAL Y SINCLINAL.— Llámase *línea anticlinal* la que marca la interseccion de capas salientes que se dirigen ó buzan en direcciones opuestas, como indican las letras *a b c* en el corte del Jura (fig. 47). *Línea sinclinal* la que indica la interseccion de capas cuyo buzamiento se confunde en un mismo punto, ó en otros términos, en estratos entrantes. El fondo de los valles marcados en la misma figura representa este último órden de líneas. De modo, que por lo comun, la línea anticlinal representa la cima ó cresta de la montaña, mientras que la sinclinal coincide con el Thalweg.

Algunas veces, empero, por efecto de depresiones terrestres, las capas en los montes se dirigen hácia su interior, en cuyo caso la cima coincide con el eje sinclinal. El Sr. Macpherson cita casos muy curiosos de esta especie de irregularidad ó anomalía de las líneas sin y anticlinales, en la interesante Memoria geológica sobre la provincia de Cádiz, modelo en su género que recomendamos á los que quieran instruirse en geología práctica.

Un caso análogo á este es el que marca lo que llamaremos mas adelante estratificacion palmeada, ó en abanico.

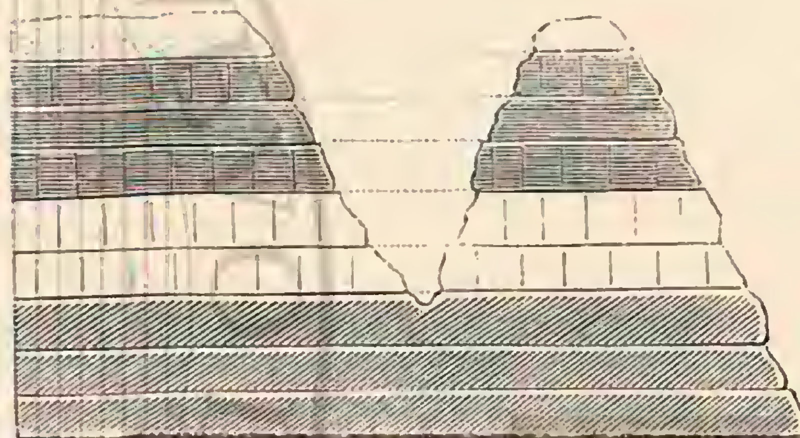


Fig. 52.—Concordancia de separacion

Como el estudio de la direccion ó inclinacion de las capas es de suma trascendencia, conviene proceder con mucho aplomo, pues de lo contrario nos exponemos á serios errores. Uno de ellos, y muy frecuente por cierto, es aquel en que estando las capas mas ó menos oblicuas, aparecen como horizontales, en lo que se llama la cabeza de los estratos, segun demuestra la siguiente figura; pues en ella vemos que si se examinan las capas por el corte A, las creeremos horizontales, cuando en rigor ofrecen una inclinacion bastante notable, segun se ve.

Las capas miradas aisladamente, no solo ofrecen á la consideracion del geólogo la direccion y la inclinacion, sino

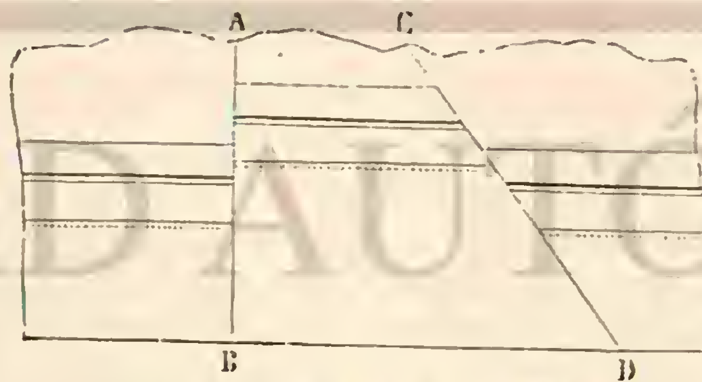


Fig. 53.—Discordancia de separacion
A, B, falla ó salto vertical.—C, D, falla oblícua

tambien otros accidentes igualmente dignos de tenerse en cuenta, tales como la disposicion que afectan, etc.

Lo comun es que las capas sean paralelas, conservando el mismo espesor en extensiones á veces considerables; pero suele tambien acontecer que se adelgazan y terminan en punta, coincidiendo en un punto los dos planos de estratificacion: en cuyo caso, si solo se observa en uno de sus extremos, se da el nombre de banco ó estrato en *cuña*, y si el adelgazamiento es en los dos extremos, se la llama en *lente* por la forma que afecta.

Cuando una misma capa se interrumpe y vuelve á presentarse con iguales ó análogos caractéres, se dice que hay *fractura* ó *dislocacion*, y si al reaparecer aquella no se encuentra en el mismo nivel ó á la misma altura, es prueba de que existe *una falla* ó *resbalamiento*, accidente bastante comun en la práctica, y que detallaremos mas adelante.

Respecto á la disposicion que las capas pueden ofrecer, las hay horizontales, inclinadas, verticales, algunas rebasando la perpendicular, en cuyo caso aparecen como superiores las que en realidad son inferiores: las hay tambien plegadas ú onduladas y angulosas, como se observa muy á menudo en el terreno carbonífero, y por último, existen algunas, particularmente en los Alpes, cuya colocacion, imitando la de los dedos de la mano, hace se las llame en *abanico*, segun de-

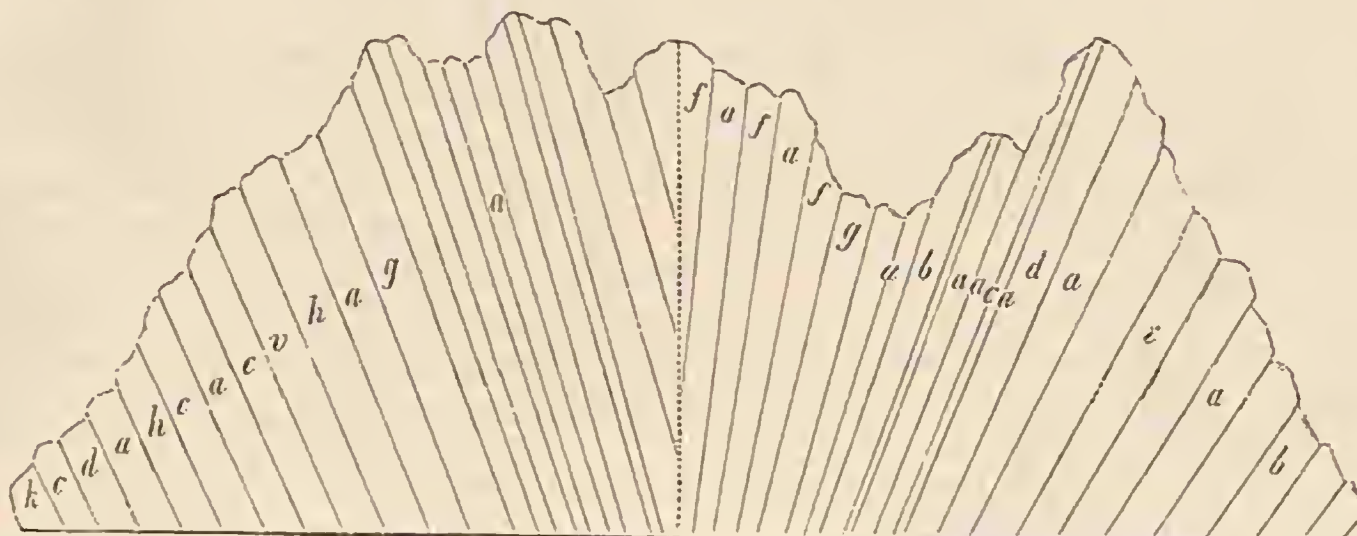


Fig. 54.—Corte del San Gotardo

a Gneis.—*b* Pizarra micácea.—*c* Piedra córnea.—*d* Pizarra arcillosa.—*e* Yeso.—*f* Granito.—*g* Cuarzo.—*h* Piedra ollar.—*i* Asbesto.—*k* Pizarra talcosa

muestra la figura 54, y muchas otras que no enumeramos atendida la índole de la obra.

CONCORDANCIA.—Cuando los estratos se estudian,



Fig. 55.—Sobreposicion transgresiva entre la arenisca roja antigua (terreno devónico) *d*, y la pizarra silúrica *a*, en Siccar-Point (Condado de Berwik Inglaterra).

no en sí, sino relacionados los unos con los otros, dan orígen á lo que se llama *concordancia* y *discordancia de estratificacion*, dato de la mayor importancia para el conocimiento de los terrenos. Llámase concordancia cuando los estratos

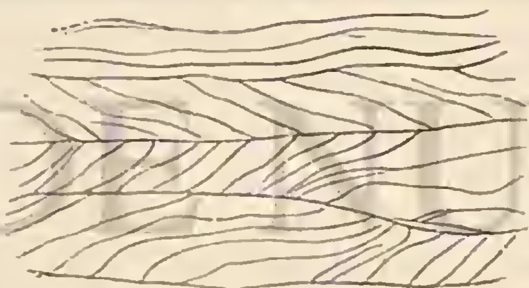


Fig. 56.—Corte entre Mismer y Dunwich (Suffolk, Inglaterra)

guardan entre sí el paralelismo debido al procedimiento de su formacion, y á las capas ó bancos que ofrecen esta circunstancia, se les da el nombre de *concordantes*.

Este hecho, que siempre supone normalidad en un terreno, ó lo que es lo mismo, no haber sufrido dislocaciones posteriores, unas veces se observa en capas sobrepuestas, en cuyo caso se dice *concordancia de sobreposicion*; mas si media un espacio cualquiera entre los estratos paralelos, se llama *concordancia de separacion*. El corte (fig. 52) ilustrará estos dos casos.

DISCORDANCIA.—Si las capas al apoyarse unas en otras, ó hallándose separadas, no guardan paralelismo entre sí, se dice discordancia de sobreposicion ó de separacion, y á los estratos se los designa con el nombre de discordantes.

La figura 53 representa la discordancia de separacion determinada por un movimiento terrestre de abajo arriba, que levantó las capas del centro A, B, C, D, ó bien por el hundimiento de las laterales: de todos modos, sea cualquiera la

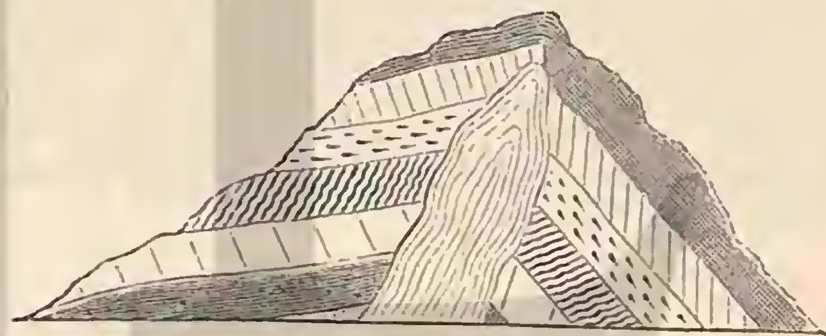


Fig. 57.—Corte ideal de un filon

causa que determinó estos efectos, la continuidad de las capas se interrumpe, apareciendo unas mas altas y otras mas bajas, que es lo que constituye la verdadera discordancia de separacion.

DISCORDANCIA TRANSGRESIVA.—Cuando sobre capas mas ó menos inclinadas, se presentan otras, oblicuas

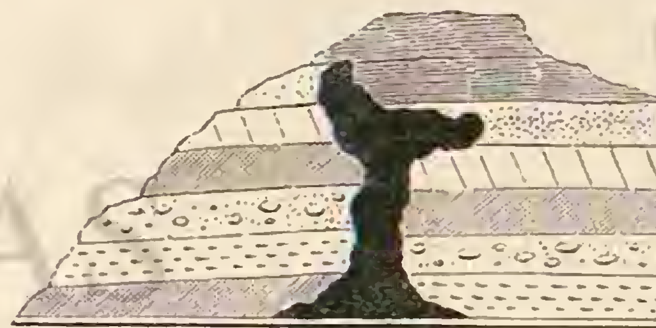


Fig. 58.—Corte de un terreno dislocado por un tifon

tambien, sobre la cabeza de aquellas, la discordancia recibe el nombre de transgresiva, como indica la figura 55, la cual supone cuatro periodos mas ó menos extensos, á saber: 1.° sedimentacion de las pizarras *a* en capas horizontales;

2.° levantamiento de estas rocas; 3.° formacion de las areniscas; 4.° primer levantamiento de estas y segundo de las pizarras.

Discordancia diagonal ó cruzada.—Aunque en rigor en lo que indica la figura 56 no hay verdadera discordancia, sino simplemente ondulaciones en los materiales componentes de las capas, determinadas por corrientes en sentido opuesto en el fondo del mar, lo cierto es que algunos autores llaman á esto discordancia transgresiva, falsa estratificacion, etc., pero el nombre mas propio es el de estratificacion cruzada ó diagonal.

Falla, salto, etc.—En la discordancia de separacion existe siempre un desnivel entre unas capas y otras,

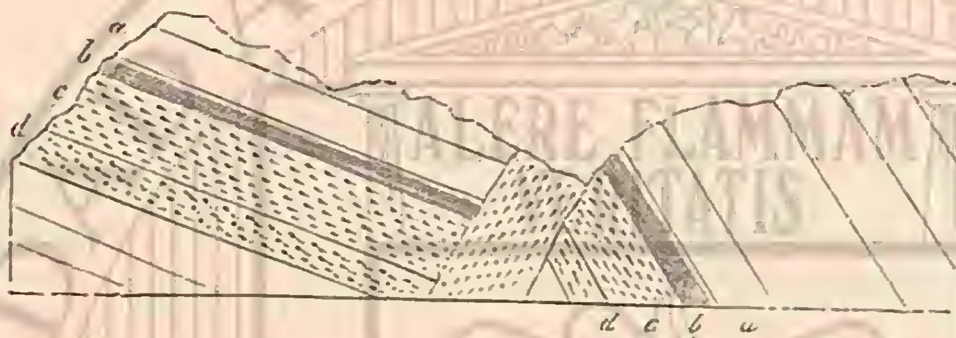


Fig. 59.—Falla oblicua rellena por materiales de los estratos que se han puesto oblicuos

accidente que se conoce en la ciencia con el nombre de salto, falla, etc. El significado de estas palabras no es, sin embargo, el mismo; así se llama propiamente salto ó resbalamiento, cuando las capas desniveladas se hallan en contacto en la grieta donde se verificó el fenómeno, como se observa en la mina San Cárlos en Hiende-la-encina, segun he tenido ocasion de observar; cuando entre unas y otras media un espacio cualquiera, si está hueco, quedando abierta la grieta, se dice falla ó soplado, y si lo ocupa algun material, entonces se llama filon, como se ve en la figura 57; tifon, si los materiales, aunque procedentes tambien del interior del globo, se presentan en masa y no son metalíferos, como se ve en la figura 58, y dike si los materiales proceden de las mismas capas dislocadas, rellenando la grieta como demuestra el diagrama de la figura 59.

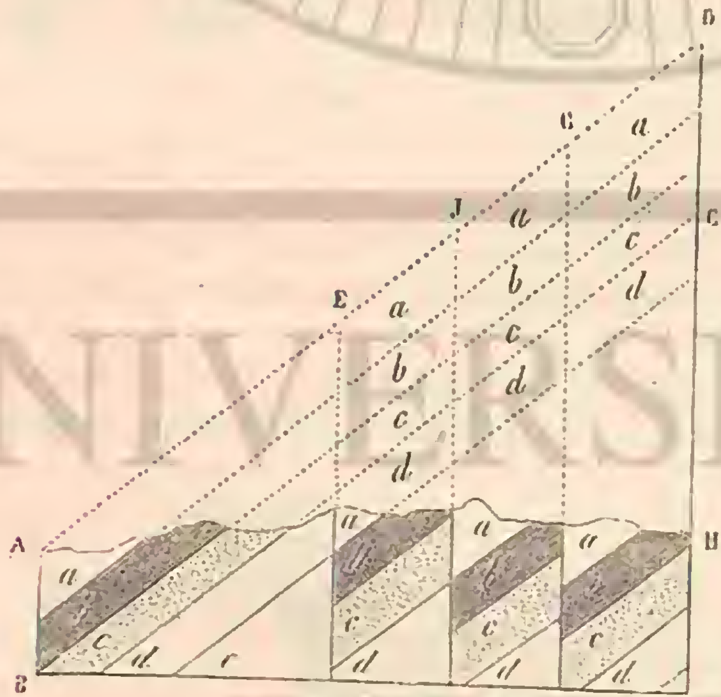


Fig. 60.—Repeticion aparente de capas, debida á fallas ó saltos

Hay que advertir, sin embargo, que la palabra dike, de orígen inglés, tiene además otra significacion, pues muy frecuentemente se aplica á las especies de murallones que en los terrenos volcánicos, de cualquier naturaleza que sean, se levantan á mayor ó menor altura sobre el resto del terreno formado á veces de materiales de sedimento, como el peperino, por ejemplo, aunque su naturaleza sea volcánica. En el Vesubio, en el Etna, en el Valdinoto, en Sicilia y muy especialmente en Alicudi y Filicudi, islas de Lipari, he tenido ocasion de ver estos accidentes en gran escala.

Cuando en un mismo distrito existen diferentes fallas, sucede que capas de una misma naturaleza aparecen repetidas tantas veces cuantas son las fallas existentes, como indica la figura 60, en la que las líneas verticales D G J E, representan las fallas, y las letras *a b c d* las capas que aparentemente repiten. Este caso y en general todos aquellos en que intervienen fallas, exigen mucha circunspeccion y profundos conocimientos en la materia, á fin de evitar en la práctica grandes dispendios, que redundan en perjuicio de las empresas y descrédito del que dirige la explotacion.

Levantamiento.—Estos y muchos otros casos, que con frecuencia se observan, de discordancia y dislocamiento de las capas, son generalmente debidos á movimientos terrestres, los unos de abajo arriba, y los otros, por el contrario, de arriba abajo.

El primero de estos movimientos, en virtud de los cuales una parte de la superficie terrestre es llevada mas allá de su nivel por una fuerza interna, se llama levantamiento.

Si la causa determinante de esta accion, que suele ser por lo comun alguna roca ígnea, no aparece al exterior, y se traduce su accion por la inclinacion de las capas sobrepuestas, en este caso se llama cono de levantamiento, segun indica la figura 61. Si el granito, pórfido ó lava aparece al exterior separando ó dislocando los estratos, además de levantarlos, se designa con el nombre de cráter de erupcion.

A veces pueden ser dos las masas eruptivas que actúen sobre los materiales de sedimento, y en este caso, ó cuando no siendo mas que una, encuentran los estratos algun obstáculo insuperable, se pliegan estos formando ss ó zz, y en la práctica se ve con frecuencia, en especial en el terreno carbonífero y en las formaciones metamórficas antiguas, en las que á menudo figuran las rocas pizarrosas. De varias localidades de Suiza figuran en las colecciones geológicas del Museo de Historia Natural de Madrid, con estas ondulaciones admirablemente dispuestas, varias pizarras talcosas y cloríticas, en las que pueden estudiarse muy bien todos estos accidentes.

Para dar una explicacion satisfactoria de este hecho, ideó el Dr. Hall el experimento que indica la figura 62, en la que aparecen varios pedazos de paño, bayeta ó franela, comprimidos lateralmente y por la parte superior por unas tabletas ó libros, resultando los repliegues que se observan.

Estos mismos efectos pueden igualmente producirse por hundimiento, como indica la figura 63, en la cual suponemos que las dos masas *b b'* se han hundido por cualquier causa, en cuyo caso las capas *a a'* presentan ondulaciones; mas cierta inclinacion y quebrantamiento en el punto *d*, donde parece haberse formado una especie de cráter.

Tambien explican algunos por hundimientos laterales la estratificacion, que ya indicamos, palmeada ó en forma de abanico, segun demuestra el diagrama de la figura 54, reduccion del que en 1804 trazó de mano maestra el ilustre Gimbernat.

La discordancia de estratificacion, cualquiera que sea la aparicion de alguna masa ígnea del interior del globo, ofrece una gran importancia en la determinacion de las épocas de su historia física, pues depositándose los materiales en el fondo del mar en capas sensiblemente horizontales, la aparicion á su través de una roca eruptiva determina el levantamiento de aquellas: despues de lo cual, si las capas levantadas ocupan el fondo de un nuevo mar, resultará que los estratos que se depositan formarán ángulo mas ó menos abierto con los primeros. Ahora bien, como quiera que esto se ha veri-

ficado en épocas sucesivas, es claro que la discordancia de estratificacion es, en la inmensa mayoría de los casos, la resultante de todos estos fenómenos, de donde se deduce la notoria significacion de este hecho.

CUENCA GEOLÓGICA.—Uno de los resultados de los levantamientos de las montañas combinado con la accion erosiva de las aguas, es lo que se llama cuenca. Como un punto cualquiera del globo no puede elevarse ó deprimirse, sin que se verifique un hundimiento ó protuberancia en otro mas ó menos lejano, el nombre de cuenca se aplica á las regiones ó espacios limitados por cordilleras formadas de capas, de las que las antiguas ocupan las laderas y se pierden en el fondo, y las mas recientes la parte céntrica y mas superficial. Generalmente las cuencas sirven de álveo á un gran rio y á sus afluentes; por cuya razon se les da el epíteto de hidrográfica por lo comun, y se las considera tambien como sinónima de valle principal.

La figura 64 dará una idea de esto, al paso que esclarecerá uno de los casos mas importantes en la práctica, á saber: que cuando las capas inclinadas, que forman el límite de una cuenca, buzan hácia su interior en busca de la línea sinclinal, se puede tener casi la seguridad de encontrarlas en todos los puntos intermedios, á no ser que alguna falla ó soplado las interrumpa.

APLICACION DE LOS LEVANTAMIENTOS.—Siendo incuestionable que los materiales de sedimento se han depositado en el fondo de los mares ó lagos, la consecuencia inmediata de encontrar restos orgánicos fósiles á dos mil y mas metros de altura, supone la accion de un agente



Fig. 61.—Cono de levantamiento

interior, que obrando de abajo arriba, llevó allí los materiales que se formaron en fondos de mayor ó menor profundidad.

No cabe duda alguna, en consecuencia, que los levantamientos se han efectuado empezando, si se quiere, mucho antes que los terrenos de sedimento. Ahora, si estos movimientos fueron lentos ó bruscos, ó si la escala en que se desarrollaron fué mayor ó menor, es en lo que los geólogos no andan hoy dia acordes. La tendencia actual, merced á los exagerados y no siempre exactos principios de la teoría de la evolucion lenta y progresiva de la materia, es á considerar la historia terrestre como una serie indefinida de sucesos que se realizaron en un espacio de tiempo inmenso, sin admitir acontecimiento alguno extraordinario de esta índole, que alterara la marcha regular de los agentes naturales. Consecuencia lógica de esta doctrina, que quiere ser el fundamento de todo un sistema filosófico, es borrar todo límite en las llamadas épocas de la historia terrestre, y hacer que los séres orgánicos que, segun enseña la práctica, han aparecido y desaparecido en períodos determinados, han ido sucediéndose de un modo lento y paulatino, quitándoles toda la importancia que realmente tienen, en la determinacion de los terrenos.

Lo que se nota hoy es la reaccion, hija, y en proporciones iguales desarrollada, de la teoría de Elie de Beaumont, autor de la famosa red pentagonal, y del ilustre Cuvier, para quienes la historia terrestre era una serie de decoraciones del gran teatro, que repentinamente variaban de aspecto, como si obedecieran á un supremo regulador de las cosas. La índole de la obra no permite entrar en mayores detalles sobre el asunto; pero no concluiré sin manifestar la conviccion de que no están en lo cierto ni los unos ni los otros; es decir, que en este asunto, como en todos, no es la exageracion la que mas se aproxima á la verdad.

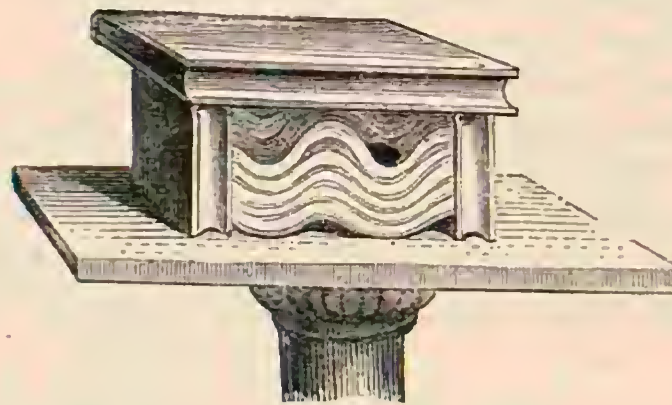


Fig. 62.—Teoría ó experimento de Hall

Han existido, pues, levantamientos, á los cuales deben atribuirse gran número de hechos que la Estratigrafía estudia; y otros que se resumen en el metamorfismo de las rocas, siquiera no admitamos que deban aquellos considerarse como generales, ni tampoco como la causa mas eficaz de dichos efectos.

CAPÍTULO II

Paleontología

Artículo primero.—Generalidades

DEFINICION.—La palabra Paleontología se deriva de *palayos* antiguo, *ontos* ser, y *logos* discurso, de modo que su verdadero significado es «ciencia que trata de los séres orgánicos antiguos, que por otro nombre se llaman fósiles.» De aquí la division natural en Paleo-fitología, la que trata de los vegetales, y Paleo-zoología, la que se ocupa en el estudio de los animales fósiles.

UTILIDAD DE LA PALEONTOLOGÍA.—Las ventajas que resultan del conocimiento de esta ciencia, cuya historia es recientísima, son muchas y de trascendencia. Con efecto, la Paleontología tiende á darnos una idea clara de la vida en el globo desde su aparicion hasta la época actual, siendo quizás la única que pueda esclarecer en su dia el importante problema de la serie vegetal y animal, de la fijeza, variabilidad ó transmutacion de las especies, de la evolucion orgánica, en fin, desde la aurora de la vida hasta el microcosmo humano. Con lo cual basta y aun sobra, si se quiere,

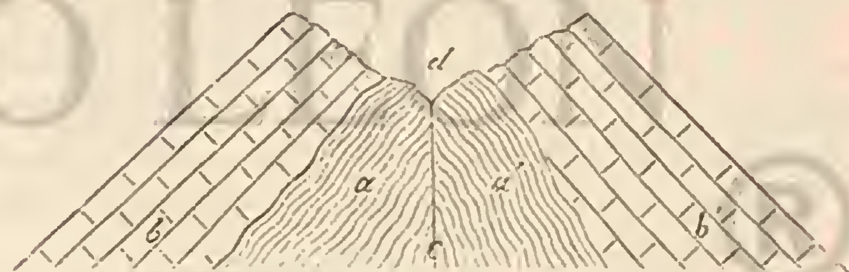


Fig. 63.—Replegamiento de las capas por depresion

en un compendio, para comprender la importancia suma que tiene el estudio de este nuevo ramo del saber.

Hemos dicho al definir esta ciencia, que era la que trataba de los fósiles, y antes de entrar en otras consideraciones, conviene definir esta palabra.

FÓSIL. DEFINICION.—Por fósil se entiende todo cuerpo orgánico enterrado naturalmente en los estratos terrestres, bien se conserve el mismo, ó señales evidentes de su existencia; siempre que los manantiales entre los que se en-

cuentra, se hayan depositado en circunstancias distintas de las que actualmente ofrecen.

Otros lo definen diciendo, que es todo cuerpo ó vestigio de sér orgánico, enterrado de un modo natural en las capas terrestres, y que se encuentra hoy fuera de las condiciones normales de existencia; es decir, que si vemos un molusco marino, por ejemplo, enterrado á mayor ó menor altura sobre el nivel del mar, debemos considerarle como fósil, supuesto que allí no podria hoy vivir.

Frecuentemente se usan en Paleontología las expresiones fósil idéntico, análogo y extinguido. Conviene, de consiguiente, saber el valor que se da á estas palabras.

FÓSIL IDÉNTICO.—Llámase así, cuando en nada se distingue la especie que lo representa, ora se comparen los de distintas localidades en un mismo terreno, en cuyo caso constituye lo que llamamos horizonte paleontológico; bien los de los terrenos diferentes, lo cual supone que la especie pasa de uno á otro; ó establézcase, por fin, el exámen entre los restos orgánicos de los últimos períodos de la historia terrestre y los actualmente vivos.

FÓSIL ANÁLOGO.—Como su mismo nombre lo expresa, fósil análogo es aquel que comparado bajo las tres condiciones indicadas mas arriba, no da una identidad completa, sino tan solo mayor ó menor grado de similitud. Segun Pictet, los análogos pueden considerarse como variedades de una misma especie. La analogía puede referirse tambien á la mayor ó menor semejanza que una fauna ó flora ofrece con la actual, ó la de un horizonte con otro, como por ejemplo, la de los diferentes pisos del terreno terciario entre sí.

FÓSIL EXTINGUIDO.—Por fósil extinguido ó perdido se entiende todo aquel que ha dejado ya de existir, y que cuando mas, ofrece analogía con algunos tipos que vivieron en períodos posteriores. La extincion unas veces se refiere á especies, y es lo comun en la inmensa mayoría de los fósiles, no solo respecto de los séres vivos, sino tambien comparando los de unos terrenos con otros. Así, por ejemplo, el *Ursus spelæus* y el *Elephas primigenius*, son dos especies perdidas desde que dejaron de existir hácia el promedio de la época cuaternaria. En cuyos casos se ve que las especies desaparecieron, pero los géneros subsisten; otras veces tambien se extinguen estos, como el Megaterio, el Mastodonte, etc. Tambien alcanza esto mismo á las familias y órdenes, como las de los Amonitídeos, Belemnitídeos, etc.

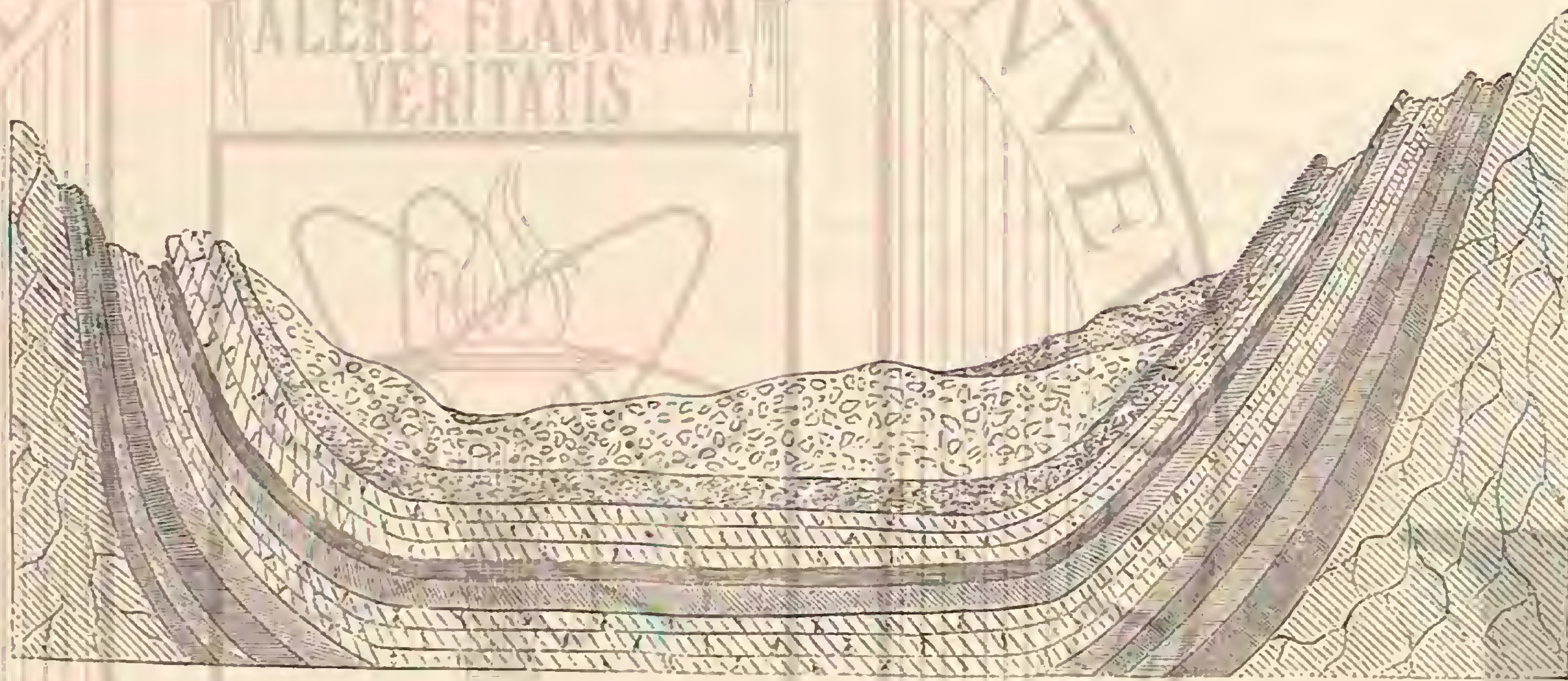


Fig. 64.—Corte ideal de una cuenca

Por regla general, y segun demuestra la práctica, la inmensa mayoría de las especies cuyo conjunto constituyen las faunas y floras fósiles, pertenecen á la categoría de extinguidas al pasar de un terreno á otro; fundándose precisamente en esta circunstancia el valor de lo que hemos llamado carácter paleontológico.

CLASIFICACION DE LOS FÓSILES.—Los fósiles, como los séres vivos, unas veces son terrestres, otras fluviátiles, lacustres ó marinos, y estos últimos litorales ó pelágicos, lo cual hace referencia al medio en que han vivido.

Si se los considera, no en el espacio, sino en el tiempo, se los llama primarios, secundarios, terciarios, etc., segun la época á que pertenecen.

Algunos reciben el nombre de subfósiles ó humátiles, y son los que se encuentran en formaciones recientes, en las que el escaso tiempo transcurrido, siquiera se mida este por siglos, hace que la materia orgánica haya experimentado poca alteracion, por cuyo motivo suelen llamarse tambien semi-orgánicos; cuando la alteracion ha sido mas completa se los llama fósiles petrificados.

INCRUSTACION.—El vulgo suele confundir frecuentemente el fósil con la incrustacion, siendo así que en el primero existe por lo comun una trasformacion profunda en la materia que antes lo formaba, mientras que en esta solo se nota una sustancia cualquiera que cubre ó reviste el cuerpo, pero sin alterarle, tomando con frecuencia las formas del sér organizado.

Artículo II.—Fosilizacion

Todas las operaciones físicas, mecánicas ó químicas, cuyo resultado consiste en convertir á un animal ó vegetal en fósil, reciben el nombre de fosilizacion. Para dicho resultado se necesita el concurso de diversas circunstancias, dependientes unas de los séres mismos que experimentan la accion, y otras de los agentes que las determinan.

PRIMERA CONDICION.—Lo primero que se necesita para que esta operacion se realice es que el cuerpo que ha de experimentarla, se encuentre pronto fuera de la influencia de aquellos agentes que, como el oxígeno, la luz, el calor, etc., contribuyen á su descomposicion.

Esta primera circunstancia ha de variar en razon á la naturaleza mas ó menos putrescible del sér; de modo que la

SEGUNDA CONDICION consiste ó depende de los séres mismos que han de fosilizarse, en cuyo concepto puede trazarse la escala siguiente: 1.° los dientes de mamíferos, reptiles, peces, etc., son los que resisten mas á los agentes destructores. 2.° Los huesos, cuernos, astas y escamas. 3.° El dermato-esqueleto de los crustáceos y de los insectos. 4.° Los cartílagos, etc. Tambien puede asegurarse que el polipero de

los zoófitos, las conchas de los moluscos y la cubierta de los equinodermos, resisten tanto á la accion destructora del tiempo, que por esta misma circunstancia estos grupos de fósiles son mas abundantes y característicos de los diferentes terrenos.

Entre las plantas, los troncos resisten mas que los tallos y hojas, y estas mas que los órganos sexuales: las dicotiledóneas ofrecen por lo comun mejores condiciones que las demás, por la mayor consistencia de sus tejidos.

De la conservacion de ciertas partes blandas de algunos fósiles, tales como el alvéolo de los belemnites, las alas de algunos insectos, y mas que todo, de la bolsa y tinta de las sepias y calamares, de los que pueden ver los curiosos mas de un ejemplar en las colecciones del Gabinete de Historia Natural, traidos por mí, es fácil deducir la prontitud con que han debido obrar los sedimentos en el seno de las aguas para evitar la descomposicion de sustancias tan putrescibles. Fijándose tambien en la disposicion encorvada que por lo comun ofrecen los peces fósiles del terreno pérmico de Mansfelds, han creido algunos geólogos que era preciso apelar á grandes y repentinos cataclismos en la historia terrestre para explicar estos hechos. Sin negar que algo de esto debe haber ocurrido en determinadas circunstancias, aunque por otra parte, la sedimentacion química puede dar razon de muchos de estos fenómenos por la rapidez con que se verifica, ofrecen á veces los fósiles circunstancias tales, que acreditan un largo espacio de tiempo para su realizacion. Entre estos debemos citar la rareza de los esqueletos de mamíferos enteros, lo cual parece indicar que sus cuerpos estuvieron flotando bastante tiempo para que todos sus huesos se desarticularan, encontrándolos por lo comun sueltos ó aislados. A la superficie externa, y hasta en el interior de muchas conchas bivalvas, encuéntranse muy á menudo adheridos balanos, briozoos, sérpulas y otros séres, lo cual supone un espacio de tiempo mas ó menos considerable antes de fosilizarse el sér. Por último, y para abreviar, citaremos el caso mas notable, que consiste en la adherencia á la superficie del *ananchites ovata* del terreno cretáceo de Paris, segun puede ver el que lo desee en mis colecciones, de la valva inferior de la *crania parisiensis*, lo cual supone: 1.° la muerte del equinodermo; 2.° desprendimiento de las púas que cubren la superficie; 3.° adherencia de la *crania*, y 4.° muerte del molusco y separacion de la valva superior; todo esto realizado antes de hallarse el sér en condiciones convenientes para fosilizarse, lo cual exige, como es fácil comprender, un espacio bastante considerable de tiempo.

TERCERA CONDICION.—La consolidacion mas ó menos pronta de los materiales que envuelven á los séres, pues de lo contrario, si aquellos permanecen sueltos, no tardan estos en destruirse y perderse. La solidificacion, pues, de los sedimentos, es otra de las condiciones indispensables para la fosilizacion, siendo rápida en los sedimentos llamados químicos y mas tardía en los mecánicos.

Contribuye poderosamente á realizar esta circunstancia, la propia presion de los materiales y la de las aguas que los cubren, auxiliada del calor terrestre, particularmente en los primeros tiempos de la historia del globo. Sin embargo, la presion suele determinar á veces, así en los estratos como en los fósiles mismos, accidentes muy curiosos, y en particular la deformacion de los últimos; circunstancia que conviene tener en cuenta, para evitar equivocaciones ó errores en la determinacion de las especies.

Dadas estas y muchas otras circunstancias, que por la brevedad omitimos, empieza en el seno de los sedimentos esa operacion física ó química recóndita, cuyo último resultado es convertir al sér en fósil. Antes, empero, de referir el mecanismo que en cada caso emplea la naturaleza en esta operacion, conviene indicar las principales sustancias que á ello contribuyen.

SUSTANCIAS FOSILIZANTES.—La primera y mas comun de estas sustancias es la caliza térrea, compacta ó cristalizada; sigue á esta la sílice amorfa ó cristalina, la pirita de hierro, el azufre, el hierro limonita, oligisto y carbonatado, el sulfato de barita, el yeso, la galena, la cinconisa y otras mas raras. Las dos mas principales puede asegurarse son la caliza y la sílice, siendo la razon de esta abundancia la facilidad con que una y otra se disuelven en el agua, aquella por un exceso de ácido carbónico, y ésta en estado naciente, resultado de la descomposicion de rocas feldespáticas y de las que llevan las aguas de los geiseres, mucho mas copiosas en otros tiempos que en los actuales.

MECANISMO DE LA FOSILIZACION.—*Alteracion.*—La mayor parte de los fósiles, antes de llegar á su estado perfecto, pasan por diferentes modificaciones, empezando por perder aquellas partes mas nitrogenadas y putrescibles. A este primer grado de trasformacion, que se convierte en permanente en los fósiles humátiles, ó del terreno cuaternario y moderno, se da el nombre de alteracion ó ablacion.

INCRUSTACION.—Dado ya el primer paso en la fosilizacion, sucede á veces que la materia mineral se limita á cubrir el sér de una capa que se adapta á todos los detalles de la superficie, lo cual recibe el nombre de incrustacion. Si por ventura, el cuerpo incrustado desaparece con el tiempo y se rellena el hueco de otra sustancia cualquiera, esta, reproduciendo todos los accidentes que el primitivo sér ofrecia á la superficie, da por resultado una forma orgánica que recibe el nombre de molde externo.

INTRODUCCION MECÁNICA.—Así se llama el mecanismo de fosilizacion, que consiste en la penetracion de las materias fosilizantes por alguna cavidad ó abertura natural ó accidental que ofrecia el cuerpo.

PENETRACION MOLECULAR.—Si los materiales se introducen generalmente en estado de disolucion, á través de los poros del sér ó resto orgánico, en este caso, la operacion, sin dejar de ser física, se llama penetracion molecular.

Un ejemplo hará comprender mejor los dos casos ya citados, á saber: la primera cavidad ó celda y el sifon de los ammonites y nautilos, comunican al exterior, y por este motivo se rellenan de materiales por introduccion mecánica; al paso que las restantes cavidades se fosilizan por penetracion molecular, por cuanto se hallan herméticamente cerradas. Los que deseen ilustrarse en esta materia, pueden examinar mas de un caso en muchos ejemplares, convenientemente dispuestos para el estudio, en las colecciones de mi cargo.

SUSTITUCION.—Así se llama cuando un cuerpo extraño penetra en la sustancia orgánica para reemplazarla parcial ó totalmente. Tambien pueden estudiarse en mis colecciones bastantes ejemplares de una concha bivalva perteneciente á diferentes especies del género Lionsia, procedentes de Semur, en Francia, completamente convertidas en hierro oligisto, uno de los casos mas notables que se conocen. Deben igualmente citarse los ejemplos de moluscos convertidos en galena, que se conservan en la coleccion de la Escuela de minas de la corte, y el *Planorbis sulfureus* de Libros (Teruel), así llamado por mí, en razon á que hasta la concha misma se halla convertida en azufre, ejemplo curioso y, que yo sepa, único en su género.

CONVERSION QUÍMICA.—Si las sustancias fosilizantes actúan químicamente, puede suceder que dirijan su accion sobre los propios elementos orgánicos del sér, con los cuales se cambian, originando sustancias nuevas que, al

reemplazar á aquellos, no alteran la forma primitiva del animal ó vegetal: otras veces obran sobre las materias fijas ó térreas, y cambian su naturaleza en totalidad ó en parte, recibiendo en ambos casos el nombre de conversion química.

TRASFORMACION.—Como efecto de una especie de cristalizacion de la materia fosilizadora, las moléculas del cuerpo afectan una colocacion distinta de la primitiva, que suele ser especial en determinadas sustancias y aun en ciertos grupos de séres. Así, por ejemplo, el elemento calizo, que en las conchas y en los equinodermos suele presentarse compacto, y raras veces fibroso, toma en la fosilizacion la estructura laminar y fibrosa, llegando á hacerse espática y hasta cristalina, como sucede en casi todos los crinoideos y erizos de mar. En virtud de esta misma especie de epigénesis, muchas conchas, antes opacas, adquieren cierta traslucidez, como se observa en muchos ammonites convertidos en cuarzo ú ópalo; otras se hacen frágiles, mas ligeras ó pesadas, etc.

MECANISMO DE LA FOSILIZACION.—El procedimiento que emplea la naturaleza en estas operaciones singulares, necesariamente ha de variar en cada uno de los distintos casos indicados. Así, por ejemplo, en la fosilizacion mecánica ó física, ora por incrustacion, ora por introduccion mecánica ó por penetracion molecular, preparado ya el sér por aquella especie de alteracion de la materia que siempre precede, no es difícil comprender cómo la materia que rodeaba al cuerpo orgánico, ha podido revestirle, ocupar una cavidad abierta, ó bien penetrar en su tejido á través de los poros que ofrece. La cosa varía de aspecto cuando se trata de la sustitucion, conversion ó trasformacion de la sustancia orgánica en presencia de los fosilizantes. Son estas operaciones demasiado recónditas para que el hombre llegue hasta su esencia misma; limitándose, al menos por ahora, á suponer con bastante fundamento, que bajo la influencia del agua, del calor, de la presion, de las corrientes magnéticas tal vez, la materia de sér primitivo es reemplazada, molécula á molécula, por la sustancia mineral, y esto hecho de un modo tan delicado, que no solo conservan los séres la forma, sus delineamientos, estrías, tubérculos y demás accidentes de la superficie, sino que con frecuencia, hasta los colores mismos que adornaban al sér. En las colecciones de mi cargo pueden verse Pleurotomas, Volutas, Conos, Melanias y otras conchas que ofrecen ejemplos curiosos de coloracion.

Si á estos antecedentes se agrega la nocion adquirida por medio de experimentos, de que cuando la materia orgánica recientemente depositada en un sedimento se descompone, las reacciones químicas de las sustancias que las rodean sobre los propios tejidos del sér, se verifican en mayor escala; y si se tiene además en cuenta, que segun el Dr. Turner, cuando algun elemento se desprende de una combinacion, ó se halla en estado naciente, ofrece mas aptitud á formar parte de nuevos compuestos, puede decirse que tendremos todos los datos que hoy posee la ciencia acerca de la fosilizacion.

MOLDE.—Sucede con frecuencia, que despues de penetrar la materia fosilizante en el interior de una concha ó equinodermo, por ejemplo, desaparecen estos, no quedando del sér primitivo mas que la forma reproducida por la materia fosilizante; en este caso, bastante frecuente por desgracia, pues la determinacion de las especies se hace en extremo difícil, recibe el fósil el nombre de molde, el cual puede ser interno, como el que representa la figura 65, ó bien externo, que es cuando la superficie de todo ó parte del sér ha dejado su huella en los sedimentos que la cubrieron; segun demuestra la figura 66. Algunos paleontólogos llaman á esto impresion, de la cual puede sacarse mucho partido reproduciéndola por medio de guttapercha reblandecida en agua caliente; por cuyo medio hasta se puede determinar bien la especie.

IMPRESIONES FISIOLÓGICAS.—Así se llama á las huellas ó vestigios que han dejado en terreno blando ó arenoso ciertos animales, en especial aves y reptiles, muchos de los cuales solo se conocen por estas muestras de su actividad en la marcha. El señor Hitchcock llama á estas impresiones



Fig. 65.—Molde de arca fibrosa

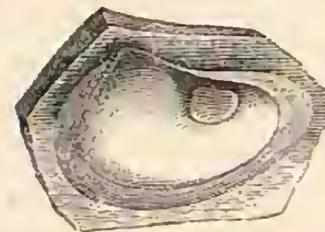


Fig. 66.—Molde externo de la trigonia longa

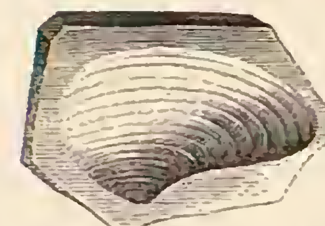


Fig. 67.—Impresion de la trigonia longa

huellas ó vestigios, *ichnites*, que quiere decir lo mismo en griego, habiendo fundado un ramo nuevo á que da el nombre de *Ichnitología*, aunque en rigor se refiere mas propiamente á las huellas de ave.



Fig. 68.—Impresiones de las gotas fósiles de agua

CONTRAIMPRESION Ó MODELO.—Si despues de rellenarse el interior de una concha bivalva, por ejemplo, y de cubrirse la superficie externa por los sedimentos, desaparece aquella, resulta la reproduccion por materias extrañas de ambas superficies, cuyo caso, por unos se llama contraimpresion y por otros modelo, nombre que se aplica tambien cuando, despues de recibida la impresion de la superficie externa en el sedimento y de desaparecer el vegetal ó ani-

mal, penetra una sustancia cualquiera, y adaptándose á la superficie de la impresion, reproduce todos sus accidentes, imitando el sér mismo, sin que en el fondo haya entre ellos relacion alguna. En este caso sucede al sér lo que á la estatua de metal fundido respecto al objeto que representa, á saber, una copia de su exterior, sin que en lo íntimo de su masa haya nada del objeto primitivo. La superficie externa del Arca fibrosa, si se prescinde por un momento del molde interno que ocupa el hueco, puede darnos idea de lo que acabamos de indicar.

IMPRESIONES FÍSICAS.—No es raro encontrar en muchos terrenos, particularmente en Inglaterra y los Estados Unidos, las huellas de gotas de agua, de las cuales es fácil deducir el carácter que á la sazon ofrecian las lluvias. Otras veces se observan en los terrenos ciertas ondulaciones, debidas sin duda alguna á la accion del mar. Algunos autores elevan estas impresiones al rango de fósiles, pero sin

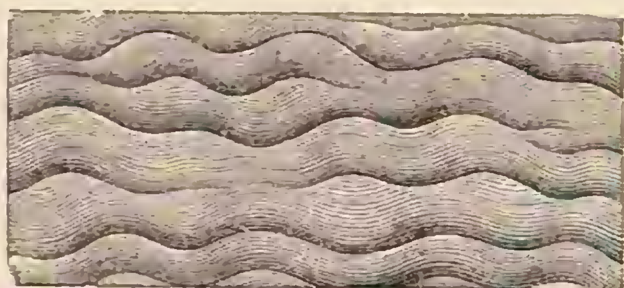


Fig. 69.—Ondulaciones formadas por el agua del antiguo mundo

alcanzar la importancia de estos, pues en último resultado, solo indican que en la época en que se formaron llovia de esta ó de la otra manera, y el mar obraba determinando efectos análogos á los que hoy vemos; razon por la cual es preferible darlas el nombre de impresiones físicas, de las cuales representan las figuras 68 y 69 un espécimen.

COPROLITOS.—Derivada esta palabra de *copros*, excremento, y *litos*, piedra, significa excremento petrificado, cuya importancia estriba, no solo en la existencia de los séres á que pertenecieron, sino tambien en el concepto de dar á conocer las sustancias de que se alimentaban los mismos. Hay coprolitos de todos los grupos de vertebrados, y su estudio ha contribuido á desvanecer las dudas que acerca de estos cuerpos se tenia en otros tiempos.

Formado ya concepto de lo que son fósiles, de los diversos procedimientos que emplea la Naturaleza en convertir ó dar este carácter á las plantas y animales que vivieron en distintas épocas, veamos cuál es la verdadera importancia que alcanzan en la determinacion de los terrenos.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Llámase así el conjunto de datos suministrados por el estudio de los fósiles, aplicado al conocimiento y determinacion de las diferentes épocas de la historia terrestre. En pocas palabras podemos marcar la índole de este precioso carácter, pues á pesar de la tendencia de los geólogos influidos por las teorías del trasformismo, es lo cierto que en cada época geológica han vivido una fauna y una flora propias, distintas de las anteriores y posteriores; notándose tambien que sus representantes son tanto mas análogos ó parecidos á los actuales, cuanto mas moderno es el terreno en que existen. De modo, que á pesar del tránsito innegable de algunas espécies, siquiera siempre en corto número, de un terreno á su inmediato superior, consideradas en totalidad la fauna y flora de cada uno de ellos, ofrece una facies distinta, circunstancia que puede servir para determinar en absoluto la diversidad de sedimentos ó depósitos, en los cuales se encuentran sus representantes; al paso que el grado de similitud con los séres actuales servirá de criterio para apreciar la edad mas ó menos remota del terreno que examinaremos.

Fúndanse las consideraciones anteriores en el resultado de escrupulosos y detenidos estudios, que acerca del particular han realizado la pléyada de ilustres paleontólogos que han existido y existen, para honra suya y provecho de la ciencia, en todos los países de Europa, siquiera no sea el nuestro, por desgracia, el mas privilegiado, y en América; investigaciones luminosas, cuyo resultado ha sido establecer los principios siguientes:

En todos los países hasta el presente explorados, las faunas y floras se han sucedido en el mismo órden; lo cual significa, que los terrenos contemporáneos ó formados en la misma época, contienen fósiles iguales, ó lo que es igual, que los terrenos que ofrecen fósiles idénticos, son sincrónicos ó de la misma fecha.

¿Podrá, sin embargo, prescindirse de la naturaleza de los materiales componentes de los terrenos y de la disposicion particular que afecten los bancos ó estratos en la determinacion de los terrenos? En manera alguna; antes por el contrario, al explorar una comarca cualquiera, debe empezarse por el conocimiento exacto y detallado de la composicion mineral de los terrenos, consignándolo en el diario de viaje. Hecho esto, la atencion del geólogo debe dirigirse á observar la disposicion que afecten dichos materiales, indicando con precision el órden con que se suceden, y si esto se verifica con discordancia ó concordancia en los estratos; determinando, por los medios arriba indicados, la direccion ó rumbo y el buzamiento que ofrecen. En rigor, si no hubiera sufrido el globo dislocaciones determinadas por la salida de materiales internos, y si todos los terrenos se hubieran formado en la extension total del globo, lo cual es materialmente imposible, indudablemente bastaria determinar el órden con que se suceden los estratos para trazar de un modo riguroso la historia de nuestro planeta. Pero como ninguno de estos casos se ha realizado en punto alguno del globo, y en vez de la sucesion regular, notamos aquí la interrupcion de la serie en mayor ó menor escala; allá la dislocacion, el trastorno y desórden en los estratos, y muchas veces hasta la inversion total de estos, poniendo arriba los mas antiguos y abajo los relativamente modernos, en todos estos casos, en los cuales ni el carácter mineralógico ni el estratigráfico bastan para esclarecer el asunto, conviene valerse del paleontológico, que por su índole especial está menos sujeto á variacion. Con efecto, ora domine en la ciencia la teoría de los grandes cataclismos de Cuvier, expresada por los levantamientos lentos ó bruscos de Elie de Beaumont; ora se infiltre en ella la idea del desarrollo paulatino de la materia, así orgánica como inorgánica del globo, y la tendencia á borrar todo límite entre terreno y terreno, siempre será una verdad la íntima relacion que se nota entre ambas esferas de la materia; lo cual hacia exclamar con razon al eminente Cuvier, que «sin los fósiles, los geólogos ni siquiera hubieran imaginado la existencia de épocas diversas y sucesivas en la historia de nuestro globo, siendo aquellos los únicos que pueden dar la certidumbre de que no siempre ha ofrecido el globo el mismo aspecto que presenta hoy, por la necesidad en que se hallaron los séres de existir, antes de ser envueltos en la masa de los sedimentos (1).»

Los séres vivieron, sin duda alguna, en momentos dados de la historia terrestre antes de ser sepultados entre los materiales de sedimento; y como quiera que para ello haya sido como es hoy precisa su adaptacion á las condiciones físicas de la superficie, es lógico, y hasta de sentido comun, que la diversidad de las faunas y floras en sus distintos periodos, arguye necesariamente un carácter ó condicion climatológica

(1) *Discours sur les Révolutions du globe.*

diferente, en cuyo concepto estriba la verdadera importancia de los fósiles, en virtud de los cuales puede reconstruirse la historia de nuestro planeta, desde su primera aparicion hasta nuestros dias, trazando á grandes rasgos una Meteorología retrospectiva. Para ello importa poco que la vida sea resultado en su orígen de una creacion directa ó de la actividad propia de la materia mineral ó inorgánica; ni menos aun averiguar si la sucesion de las faunas y flores es debida á otras tantas creaciones por el Supremo Hacedor, ó á la no interrumpida evolucion de las especies, como pretende la escuela de Darwin. Problemas son estos, hoy por hoy, de difícil solucion, cuyas incógnitas, á mi modo de ver, tardarán aun mucho en despejarse y cuyo exámen debemos dejar para obras de otra índole. Para lo que nosotros nos proponemos en este libro, basta con lo dicho, reducido en último término á encarecer la importancia del carácter paleontológico, al que debemos considerar como verdadera piedra de toque en la determinacion de los terrenos, en todos aquellos casos en que ni la composicion mineral, ni la sobreposicion de los estratos sean suficientes.

Importa, sin embargo, advertir que no es preciso abarcar el conjunto de las distintas faunas y flores para conocer los diferentes terrenos; pues por regla general, y sin negar por esto que cuanto mejor se haga este estudio, mas clara se presentará la historia terrestre, basta fijar la consideracion en un corto número de fósiles, llamados por esta misma razon característicos, por no encontrarse mas que en determinados horizontes, segun veremos en los muchos ejemplos que al describir cada terreno nos permitiremos indicar. En esta parte, el método propuesto por el malogrado Sr. D'Orbigny nos parece muy acertado: redúcese á indicar bajo el carácter paleontológico positivo, las especies, géneros ó familias que en cada terreno existen; y con el carácter paleontológico negativo aquellos grupos de séres que se extinguieron en la época anterior. Un ejemplo sencillo aclarará este asunto. El terreno terciario presenta como carácter poleontológico positivo la aparicion de casi todos los órdenes de mamíferos y el extraordinario desarrollo de gasterópodos y acéfalos entre los moluscos, y como negativo, la desaparicion antes de depositarse sus primeros sedimentos, de los grandes reptiles que vivieron en épocas anteriores en los terrenos cretáceo y jurásico, y las familias de los ammonítidos y belemnítidos.

Para terminar este asunto, de suyo trascendental, hé aquí las grandes agrupaciones que así en lo orgánico como en lo inorgánico, admiten en general los geólogos y paleontologistas, demostrándose de paso la armonía y enlace íntimo que entre la Estratigrafía y la Paleontología existen.

La primera, empezando de arriba abajo, comprende animales y plantas cuyas especies viven hoy dia, mezcladas con objetos de la industria humana, y con restos del hombre, que revelan su contemporaneidad. Todos estos materiales se encuentran casi en su estado normal, sin haber experimentado muchos cambios en su composicion. Los depósitos en que se hallan, ocupan la parte mas superficial y exterior de la tierra: lo cual confirma el enlace del carácter estratigráfico y paleontológico.

La segunda puede llamarse de los Mamíferos, por el gran número de restos fósiles de estos animales que la caracterizan. En ella se observa una notoria analogía con los séres actuales, de los que se presentan ya muchos géneros y aun especies idénticas.

Estratigráficamente hablando, esta seccion corresponde á los terrenos diluvial y terciario. Se divide en tres sistemas que son: 1.° el de los elefantes, rinocerontes é hipopótamos. 2.° De los mastodontes, dinoterios, lofiodons y otros. Y 3.° de los paleoterios y anaploterios.

La tercera puede caracterizarse por la primera aparicion de los mamíferos monodelfos y didelfos, y por la presencia y desarrollo de grandes reptiles, como los mosasauros, megalosauros, ictiosauros, plesiosauros, etc. A estos vertebrados se asocian un gran número de moluscos, cuyos géneros han desaparecido por completo, como los ammonites, belemnites, scaphites, crioceras, etc. La fosilizacion de todos estos séres ha sido completa, presentándose convertidos en caliza, sílice, pirita de hierro, etc.

Estratigráficamente hablando, este grupo se extiende desde el terreno cretáceo hasta el triásico, ambos inclusive. Se subdivide de un modo natural y bien marcado en tres terrenos, que son: 1.° El cretáceo, caracterizado por el gran desarrollo de moluscos cefalópodos distintos de los de la época actual. 2.° El jurásico, que se distingue muy principalmente por la presencia de los grandes reptiles ya indicados. Y 3.° el triásico, cuyo carácter lo determina la presencia y primera aparicion de los mamíferos, la de reptiles colosales, el gran desarrollo de moluscos, cuyos géneros han desaparecido en su inmensa mayoría, y las impresiones fisiológicas de aves, reptiles, etc.

Por último, la cuarta está caracterizada por la primera aparicion de la vida en el globo: ofrece una fauna y flora tan curiosa como extraordinaria, distintas de las actuales y aun de muchas de las que sucedieron. La presencia de los crustáceos trilobites, la abundancia de peces de una estructura diferente de los actualmente vivos, y de una flora riquísima y tropical, representante del carbon de piedra, determinan los caractéres paleontológicos de este grupo, que estratigráficamente abraza los terrenos conocidos bajo la denominacion de primarios ó paleozóicos desde el pérmico hasta el silúrico.

Este grupo puede separarse en tres grandes períodos, á saber: 1.° El del carbon de piedra, caracterizado por esta sustancia y el gran desarrollo de crinoidéos. 2.° El devónico, por la abundancia de braquiópodos y la presencia todavía de algunos trilobites. Y 3.° el silúrico, por la fauna particular y notable de los trilobites.

En el reino vegetal pueden igualmente establecerse tres ó cuatro grupos, que corresponden á grandes y sucesivas creaciones y á otros tantos períodos de la historia física de nuestro planeta. Estos grupos, á partir de la época histórica, son los siguientes: el 1.° caracterizado por la flora actual y la de los terrenos terciarios, en la que vemos la vida desarrollada en su mas alto grado de esplendor y de variedad de formas; este grupo comprende parte de las plantas vivas y los combustibles turba y lignito. El 2.° el de los terrenos secundarios, en el que existen mas fanerógamas gimnospermas, que monocotiledóneas y criptógamas. Las cicádeas y coníferas le imprimen carácter: gran parte del lignito y la estipita pertenecen á este grupo. El 3.° es el de los paleozóicos ó primarios, caracterizado principalmente por plantas criptógamas vasculares, helechos, equisetáceas ó colas de caballo, licopodiáceas, etc.; hay algunas monocotiledóneas y fanerógamas gimnospermas y bastantes plantas celulares. El carácter principal del grupo consiste en tener pocas especies y gran número de individuos, como se ve confirmado en la flora que dió orígen á la ulla y al grafito.

Por último, vamos á resumir en breves palabras las principales leyes paleontológicas que sintetizan el espíritu de esta ciencia tan importante, no solo en órden á la determinacion de las diferentes etapas de la historia del globo, sino tambien como fundamento sólido del verdadero sistema filosófico que ha de esclarecer un dia así el orígen sucesivo de la vida en general, como la aparicion y desarrollo de la especie humana en particular.

1.ª ley. La duracion de las especies en los tiempos geológicos, ha sido limitada. Una de las observaciones mas curiosas que resultan del estudio comparado de los fósiles, es la diversidad de tipos que han existido en cada época de la historia terrestre, siendo muy pocos los que han recorrido toda la escala de los tiempos, desde el principio de la creacion hasta nuestros dias. Casi todos los grandes reptiles acuáticos y terrestres, como los plesiosauros, los pterodáctilos, ictiosauros, etc., los ammonitídeos, belemnitídeos y muchos otros, se encuentran en este caso. Unos aparecieron muy pronto en la escena del mundo, y tras de una corta existencia perecieron, como por ejemplo, los tribolites; otros, como los ammonites y belemnites, se presentaron mas tarde, y tambien desaparecieron para siempre, antes de los terrenos terciarios. Solo los mas modernos continúan en la época histórica, ó se hallan representados por sus análogos. De los 1,500 géneros fósiles conocidos, solo 16, segun D'Orbigny, se encuentran en todos los pisos. Este principio es tambien aplicable á las especies, entre las cuales son muy pocas las que han podido vivir en mas de una época.

2.ª ley. Las especies contemporáneas en una misma ó en localidades no muy lejanas, han aparecido y desaparecido simultáneamente en su mayor parte. Esto quiere decir que en cada terreno en localidades no muy apartadas, los fósiles se hallan asociados en faunas y floras distintas.

La práctica diaria nos confirma esta ley, cuando en una localidad rica en fósiles, fijamos la atencion en el punto de contacto de las capas; pues, salvas raras excepciones, los contenidos en las unas difieren casi en totalidad de un modo absoluto de los de las otras. Esta separacion es mas clara cuando entre dos capas fosilíferas se encuentra alguna sin fósiles, y tambien en el caso de existir una verdadera discordancia entre ambos terrenos. Podrá no presentarse esta distincion bien marcada cuando un terreno muy desarrollado en un punto, se halla representado en otro por una capa ó un corto número de ellas, en las que se confunden, por decirlo así, todos los caractéres; pero lo que sí puede asegurarse es, que jamás, ó rarísimas veces, se encuentran en un mismo horizonte fósiles en estado normal, mezclados con los de capas de edad diferente.

La razon de esta ley, que interpretada en los términos que acabamos de exponer es verdadera, consiste en la simultaneidad con que en localidades no muy apartadas, las causas físicas, como los cambios de temperatura, los levantamientos, la mezcla de sustancias extrañas en las aguas del mar, y otras, obraron sobre la totalidad ó por lo menos sobre la inmensa mayoria de las especies allí existentes, determinando la extincion casi total de la fauna y de la flora característica. De manera, que las especies que nacieron y se desarrollaron juntas en una comarca ó en puntos poco distantes, tambien perecieron á la vez.

La cuestion no se presenta tan clara cuando se trata de hacer extensiva esta ley á la aparicion y extincion simultánea de las especies en la totalidad de la superficie que ocuparon. En esta cuestion, que se llama de la especialidad de los fósiles, se hallan divididos los geólogos mas eminentes. Los unos creen en la aparicion instantánea de todas las especies de una fauna y de una flora, y en su extincion simultánea; y sientan el principio de que «las especies de una época geológica no han vivido ni antes ni despues; resultando, de consiguiente, que cada terreno contiene sus especies propias, hasta el punto de que ninguna de ellas puede encontrarse en pisos de edad diferente.» Para los que así piensan, todos los fósiles son igualmente importantes en la determinacion de los terrenos ó formaciones, y rechazan en su virtud las expresiones de especies características y no características.

Otros geólogos no admiten la simultaneidad en la aparicion y desaparicion de las especies, inclinándose del lado opuesto, y suponiendo que una y otra han sido sucesivas y compañeras inseparables de la trasformacion lenta de las especies. Estos admiten los fósiles caracteristicos, que son los que se hallan constantemente en un terreno y no en otro, y los no característicos, que, por el contrario, se encuentran al mismo tiempo en dos ó mas períodos.

En medio de las grandes dificultades que presenta la solucion de este punto capital de la ciencia, supuesto que de ella depende el grado de interés que puedan tener los fósiles, dificultades hijas, primero, del modo de considerar la especie; segundo, de los límites que se le asignan, y tercero, de la mayor ó menor escrupulosidad con que se determinan; siguiendo á los eminentes paleontólogos D'Orbigny, Pictet, Marcel de Serres, y otros, admitimos la especialidad de los fósiles, si bien no de un modo absoluto, supuesto que para mí es evidente el paso de algunas especies de un terreno á su inmediato superior é inferior. Pero la proporcion es tan insignificante, que segun el primero de los citados geólogos, no llega al 1 por 100 en los períodos jurásico y cretáceo.

El ilustre vizconde de Archiac, en su inmortal *Historia de los progresos de la Geología*, admite tambien el principio de que la misma fauna y flora una vez extinguida no ha vuelto á reproducirse; fúndase para ello en las continuas modificaciones que las especies experimentan, desde los primeros depósitos de un terreno hasta los últimos. La importancia de este principio se apreciará mejor al discutir la 7.ª ley paleontológica.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que para que esta ley sea exacta, se hace indispensable tomar como representantes de las diferentes épocas geológicas, un gran número de estratos, cuya contemporaneidad podrá apreciarse por los caracteres mineralógico y estratigráfico. En este caso los animales y las plantas ofrecerán un sello particular en el terreno que estudiamos distinto del de otros, constituyendo así la especialidad y la verdadera acepcion de las faunas y floras características; sin que obste á esto el que algunas especies pasen de un período á otro.

La cuestion varía, por el contrario, de aspecto cuando se establecen divisiones secundarias del grupo principal; pues no habiendo ocurrido grandes cambios en el tiempo en que estos depósitos se verificaron, los tránsitos de las especies de unos pisos á otros son numerosos y notables.

En confirmacion de lo expuesto podemos presentar, como ejemplo, la serie de capas del terreno jurásico, limitadas por levantamientos del sistema de la Cote d'Or y de Thuringerwald, cuya fauna y flora se hallan tan perfectamente marcadas, que son muy pocas las especies que subsisten del triásico, y aun menos las que pasan al cretáceo. Pero este mismo terreno, cuando se separa en sus cuatro pisos *portlándico*, *oxfórdico*, *bathónico* y *liásico*, ó sean las oolitas superior, media é inferior, y el lias, ofrece bastantes tránsitos de especies de los unos á los otros; no siendo tan fácil limitar sus asociaciones, como se hizo con las del grupo en general (1).

3.ª ley. Las diferencias entre las formas perdidas y las actualmente vivas son tanto mas notables, cuanto mas antiguas son; ó en otros términos, el número de formas análogas á las actuales disminuye á medida que los terrenos en que se encuentran son mas antiguos.—La comparacion de las faunas y floras confirma plenamente esta ley, puesto que si fijamos la atencion en los fósiles terciarios, por ejemplo,

(1) Un ejemplo palpable de este tránsito de especies lo encontré en 1857 en las inmediaciones de Sarrion (Teruel), en donde hallé fósiles de la oolita inferior y del grupo oxfórdico, mezclado en el mismo piso formado de una oolita ferruginosa.

solo observamos formas conocidas; al paso que si estudiamos los de períodos antiguos, las formas nuevas y extrañas son tan frecuentes, que los paleontólogos se han visto precisados á servirse de nombres diferentes para representarlos. Con mas exactitud considerada, esta ley puede interpretarse diciendo, que las especies de las capas recientes se refieren casi en la totalidad á géneros alrededor de los cuales se agrupan las especies vivas, al paso que las antiguas han obligado á crear géneros nuevos, como los *Ammonites*, los *Orthoceras*, los *Pterodáctilos* y tantos otros.

Esta ley, sin embargo, solo es verdadera cuando la comparacion se establece entre las formas de la totalidad de una fauna ó flora con las de otras, pues en los detalles se observa, que hasta en los terrenos antiguos las hay muy parecidas á las actuales, como por ejemplo, los *Nautilos*, las *Terebrátulas* y muchas mas que difieren poco de las actuales.

4.ª ley. Los animales de las faunas recientes ofrecen formas mas variadas que los de las antiguas; ó lo que es lo mismo, la diversidad en la organizacion ha ido en aumento á medida que nos aproximamos á la época actual.—Esto se ve confirmado por la comparacion de los órdenes ó grupos zoológicos en las diversas épocas, admitiéndose hoy dia 76; en la época terciaria 71; 41 en el terreno jurásico y 31 en los primarios ó paleozóicos. Sin embargo, se comprende que esta ley no puede ser absoluta, no solo por la falta de datos aun en los animales vivos, sino tambien porque, si bien es verdad lo que ella establece en general, se notan casos en que hay, por el contrario, degeneracion de formas desde los terrenos antiguos á los modernos. Pueden citarse como ejemplo los peces *Ganoidéos*, y los crustáceos *Trilobites*, tan desarrollados estos últimos en el período paleozóico, y extinguidos hoy: en el mismo caso se encuentran los *Crinoidéos fijos*, abundantísimos en el terreno carbonífero, y representados en la actualidad por una ó dos especies. Estas excepciones son, empero, en corto número, y no pueden invalidar la ley establecida.

5.ª ley. Los animales mas perfectos, ó por mejor decir, de organizacion mas compleja, proceden de una época relativamente mas reciente.—Esta ley no debe considerarse como confirmacion del principio, demasiado absoluto, de la perfeccion sucesiva de los séres; pues si bien es exacta en el conjunto y cuando se comparan los grandes grupos del reino animal, deja de serlo en el momento en que se desciende á los pormenores. Es, con efecto, cosa sabida que, en cuanto á la complicacion del organismo, los mamíferos son los animales mas perfectos, como que al frente de ellos se encuentra el hombre; siguen luego las aves, los reptiles y anfibios, y por fin los peces entre los vertebrados; los crustáceos, los moluscos y los zoófitos establecen la jerarquía de organizacion entre los invertebrados. Pues bien: circunscribiéndonos á los vertebrados, vemos que el hombre empieza en las épocas recientes; los mamíferos, prescindiendo de los del trias y del terreno jurásico, hacen su verdadera aparicion en los terciarios; las aves se encuentran ya en el cretáceo y jurásico, y aun en el trias y pérmico á juzgar por las impresiones de sus pasos; los reptiles empiezan antes, y los peces se presentan en los terrenos mas antiguos. Pero si de estas generalidades descendemos al estudio minucioso de cada terreno ó de cada grupo de séres, vemos que en los llamados primarios, por ser los de la primera aparicion de la vida en el globo, se encuentran ya tipos ó representantes de clases y órdenes los mas diversos: peces, moluscos, crustáceos muy complejos, junto con zoófitos y plantas varias; como si la naturaleza hubiera querido ofrecer desde el primer momento, los grandes tipos á que habia de ajustarse en lo sucesivo todo el reino animal.

Las mismas consideraciones, aunque con alguna restriccion, pueden hacerse respecto del reino vegetal, de modo que esta ley, que es verdadera, considerada tal cual la acabamos de indicar, no puede admitirse en el sentido que le dan otros, ó en el de que las faunas de los terrenos antiguos se hallan representadas por animales de una organizacion imperfecta: y que el grado de complicacion va en aumento á medida que nos acercamos á los períodos mas recientes. Esta, que se ha tenido como verdadera por algun tiempo, lleva el nombre de ley del perfeccionamiento gradual de los séres. Este principio fué aceptado por todos los que adoptaron la generacion espontánea, el tránsito de unas especies á otras por la influencia de los agentes exteriores, y la serie única y continua del reino animal como bases fundamentales de un sistema no solo zoológico, sino hasta filosófico y religioso, pues se creyó que la naturaleza confirmaba esta teoría. Este ideal fué uno de los funestos resultados de la observacion imperfecta, por efecto del estado de infancia de la Geología. Pero así que se reunieron materiales suficientes, se vió que no tenia el menor fundamento, viniendo al suelo con la fuerza irresistible de los hechos, no solo lo que se tuvo por ley inconcusa, sino tambien el sistema en ella basado.

6.ª ley. El órden de aparicion de los diversos tipos de animales á la superficie del globo, recuerda, con frecuencia, las fases del desarrollo embrional de los séres perfectos.—Esta ley no es absoluta, ni puede aplicarse al conjunto del reino animal, debiendo referirla mas bien á la comparacion de series parciales, no mereciendo bajo este punto de vista la consideracion de tal; sin embargo, en algunos tipos, como en el de los peces y en los equinodermos, es una verdad. Así, por ejemplo, los peces adultos de las primeras épocas presentan las vértebras reunidas á la manera de un cordon dorsal, circunstancia que corresponde al estado embrionario de muchos vertebrados. Por otro lado, la existencia de muchas nadaderas anales, carácter que distingue á muchos peces paleozóicos, puede considerarse como rasgo embrional en estos séres, pues el estudio del feto nos demuestra que en las primeras edades todas las nadaderas impares se hallan reunidas formando una sola, que envuelve todo el cuerpo y la cola. Si los erizos de mar empiezan por ser pediculados, indudablemente la gran familia de los crinoidéos, tan abundante en géneros y especies en las épocas antiguas, representa su estado embrional.

7.ª ley. Desde el momento que aparece por primera vez un tipo zoológico hasta su extincion completa, no ha sufrido interrupcion su existencia; ó en otros términos, cada tipo solo se ha presentado y desaparecido una vez, encontrándose en todos los terrenos intermedios, desde aquel en que apareció hasta el de su desaparicion.—Esta ley, confirmada todos los dias en el terreno de la práctica, aplicable á los géneros y familias lo mismo que á los órdenes y clases, no puede tomarse aun como absoluta; pues si bien las excepciones que ofrece pueden explicarse por la falta de datos y observaciones, no por eso es menos cierto que por ahora existen. Sirva de ejemplo la clase de los mamíferos, que habiendo empezado en el terreno triásico, no se encuentran hasta la oolita media, volviendo á desaparecer en la oolita superior y en el cretáceo, hasta que aparecen en grande escala en el período terciario, para continuar hasta nuestros dias.

8.ª ley. La comparacion de las faunas y de las floras de las diversas épocas geológicas demuestra que la temperatura ha variado á la superficie de la tierra en el largo período de tiempo que representa su historia física.—Esta ley se ve confirmada por la existencia de ciertos tipos fósiles en pun-

tos ó regiones del globo en los que la vida es hoy imposible, no solo por las diferentes condiciones climatológicas, sino tambien por la falta de vegetacion; sirvan de ejemplo los restos de elefantes y rinocerontes encontrados en estado fósil en el diluvium congelado de Siberia. Por otra parte, la analogía que ofrecen la fauna y la flora de terrenos recientes, como las de los terciarios de Europa y de la América del Norte, con las actualmente vivas en la zona tórrida; la comparacion de la flora especial que dió orígen al carbon de piedra que se encuentra en todas las cuencas carboníferas de Europa, Asia y América, con la actual de los trópicos; todo esto, apoyado en lo que dijimos respecto de la temperatura de la tierra en el capítulo de *Causas actuales*, demuestra la verdad de esta ley.

9.ª ley. Las especies de épocas antiguas ofrecen una distribucion geográfica mucho mas vasta y uniforme que las de la actual.—Esta ley es la plena confirmacion, ó por mejor decir, el resultado de la localizacion, cada vez mayor, de las faunas y floras á medida que nos acercamos á la época actual, efecto del cambio de los climas, que de terrestres pasaron á ser mixtos y solares, y de la multiplicacion de las causas geográficas, geológicas y climatológicas, que desde los terrenos terciarios, por lo menos, ejercieron su poderosa influencia en la distribucion geográfica de los animales y plantas. La fauna y flora del terreno carbonífero se encuentra con los mismos caractéres en los puntos extremos del globo; en épocas mas modernas se ven las mismas especies fósiles en la parte septentrional de Rusia y en nuestra Península; Verneuil y D'Orbigny citan especies comunes á Europa y América, y hasta las hay que, atravesando la zona tórrida, se encuentran en los terrenos de ambos hemisferios en puntos muy distantes. Esta distribucion es mas general y uniforme en los fósiles de los períodos antiguos que en los terciarios, en los que se nota una tendencia muy marcada á la localizacion, si bien no en tan alto grado como en la época actual, en la que los séres cosmopolitas son muy raros, siendo extremada la localizacion de los grupos, asi del reino animal, como del vegetal.

10.ª ley. Los animales fósiles han sido creados bajo el mismo plan de organizacion que los actuales: de donde se deduce que su vida ha debido revelarse por los mismos actos ó por funciones idénticas.— Esta ley es sumamente curiosa, pues no solo prueba la unidad de plan en la creacion, sino que sirve al propio tiempo para llegar á conocer la fisiologia de animales que, siendo anteriores á la existencia del hombre, no le fué dado observarlos en vida.

Los numerosos restos animales que se han encontrado en estado fósil no han determinado alteracion alguna en las leyes que rigen la Anatomia comparada. Tanto las piezas del esqueleto como las conchas, los dermato-esqueletos de insectos y crustáceos, etc., se encuentran dispuestos del mismo modo que en los animales vivos. Así es que los numerosos fósiles que hasta el dia se han descrito, han encontrado cabida ó colocacion en los diversos cuadros de clasificacion zoológica inventados para facilitar el estudio de los animales vivos.

Discurriendo el distinguido Flourens, en su 40.ª leccion de Fisiología, acerca de la unidad de creacion, fundada en la unidad tambien del reino animal, se expresa en los siguientes términos: «No hay un doble reino animal, el uno vivo y el otro fósil; cada uno de ellos considerado aisladamente, es una parte incompleta; los dos reunidos forman un todo perfecto. Se adaptan el uno al otro, del mismo modo que las piezas desprendidas de un bajo relieve encuentran su sitio verdadero en una restauracion. Si los fósiles pertenecieran á un reino animal diferente del vivo, seria de todo punto imposible la reconstruccion y restauracion de este por medio de aquellos.»

Terminado el exámen somero de las principales leyes paleontológicas que representan la síntesis de la ciencia, veamos si será posible indicar las causas que determinaron la extincion de las faunas y floras en cada época y la aparicion de otras nuevas.

Las causas de la extincion de las especies son físicas, y probablemente tambien orgánicas, debiendo haber sido en general brusco y repentino su modo de obrar, pues de lo contrario no podria explicarse la especialidad de los fósiles en las faunas y floras de cada terreno (1).

A cuatro pueden reducirse las causas físicas que han determinado estos efectos, y son: 1.ª El aumento ó disminucion brusca é instantánea de la temperatura, que pudo cambiar completamente las condiciones de la vida en el globo. 2.ª La mezcla de materias extrañas en las aguas, en cuyo seno vivian aquellos séres, hecho muy probable, si se atiende á la naturaleza subterránea de la causa que pudo determinarla. 3.ª Un cambio en la naturaleza ó composicion del agua de los mares y lagos. 4.ª Una diferencia notable por levantamiento ó hundimiento en el nivel de las aguas; causa muy poderosa, puesto que los séres, como es sabido, viven en horizontes determinados por la relacion que existe entre su organismo y la presion que experimentan.

La mayor parte de estos cambios de condiciones han sido, á no dudarlo, producidos por la aparicion en el fondo del Océano de cordilleras de montañas, operacion que pudo ser preparada por un levantamiento lento y sucesivo; lo cual ni repugna á la razon, ni es contrario á ningun principio de Física, pues tambien el arco se deja doblar lenta y sucesivamente, hasta que se rompe ó fractura por una accion ó fuerza instantánea.

Sin embargo, es muy probable que esta sola causa no haya podido determinar por sí sola la extincion sucesiva de todas las especies fósiles, por cuanto la amplitud de los levantamientos, tal como se comprenden hoy dia estos movimientos terrestres, es mucho mas reducida que la de las faunas y floras respectivas. (Consúltese lo que sobre este particular hemos dicho al tratar del enlace entre el carácter paleontológico y el estratigráfico.) Se hace de consiguiente indispensable recurrir á la causa, que llamamos orgánica, en razon á referirse al gérmen de muerte, si es permitido decirlo así, que la especie como el individuo llevan en su seno, en virtud de la ley eterna de que todo lo creado ha de perecer. Mas ó menos ingeniosa la idea de las edades y de la muerte natural de las especies, apoyada particularmente por el ilustre Lecoq, y aunque la ciencia no está todavia en el caso de poderla resolver en pro ó en contra, es lo cierto que ella explica una porcion de particularidades que ofrecen las faunas y floras fósiles, y para cuya solucion no basta, por ahora al menos, la influencia de las causas físicas indicadas.

Mas difícil de resolver es, todavía, la segunda parte del problema, ó sea la que se refiere á la aparicion de las faunas y floras; cuestion importante, por cuanto se enlaza con principios zoológico-botánicos trascendentales ó filosóficos de primer órden, y sobre la cual no podremos emitir sino hipótesis mas ó menos acertadas.

A tres pueden reducirse las teorías que se han inventado para explicar la aparicion de faunas y floras nuevas.

La primera, parte de la idea de que los cataclismos que

(1) D'Orbigny solo reconoce como causa de la extincion de las veintisiete faunas que admite en la historia terrestre, la perturbacion determinada por los levantamientos que considera como universales, lo cual es inexacto.

han hecho desaparecer á los séres han sido parciales, y supone que, despues de cada inundacion, las tierras que quedaron en seco, fueron pobladas de nuevo por los animales que habitaban antes los países inmediatos, que diferian de los primeros tanto como se diferencian hoy los de las faunas de las diversas regiones del globo. Esta operacion, repetida muchas veces, así en los continentes como en los mares, dió por resultado la sucesion de faunas que observamos en los terrenos sobrepuestos.

Esta teoría es inadmisible en el estado actual de la Paleontología, pues la coexistencia de las faunas y floras, en que ella se funda, está en abierta contradiccion con la especialidad de los fósiles demostrada en los diferentes terrenos.

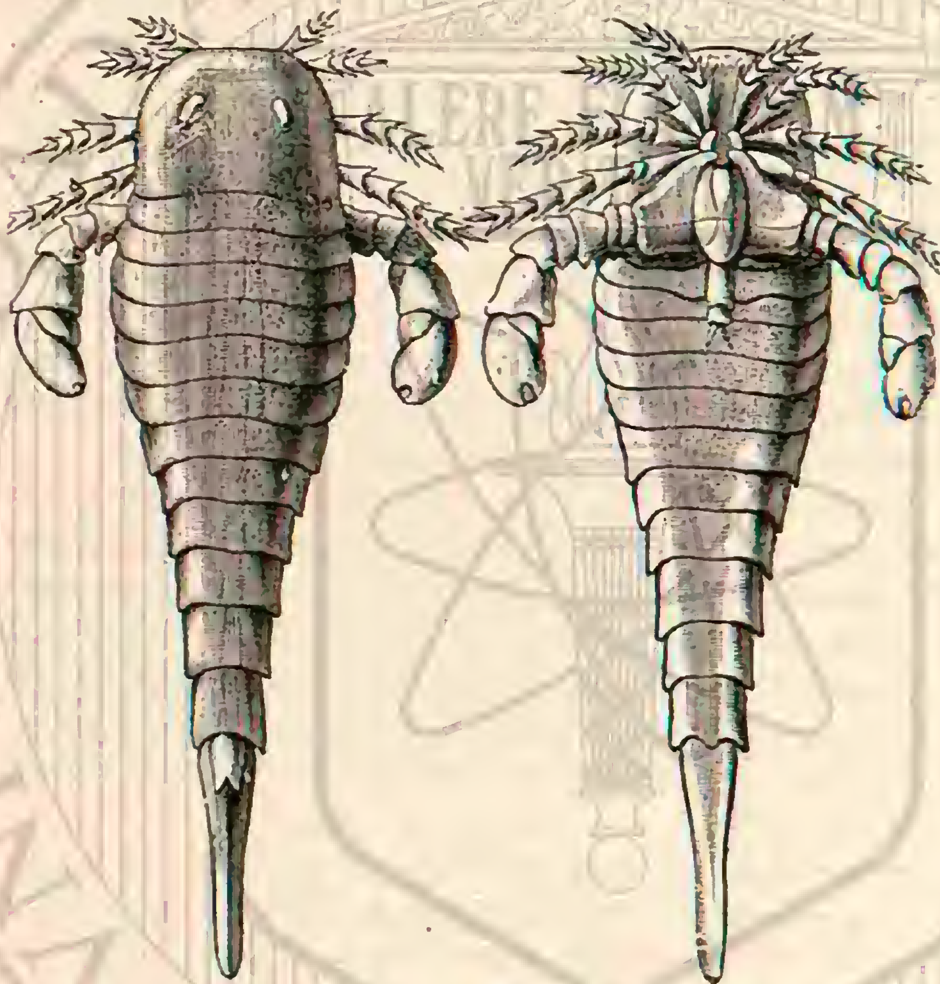


Fig. 70.—Eurypterus remipes

La segunda teoría puede llamarse de la creacion única, y explica la aparicion de los nuevos séres por la trasformacion lenta y sucesiva de las especies primitivas, á beneficio de las variaciones del aire atmosférico, de la temperatura, de la humedad y del gérmen de variabilidad, que dentro de ciertos límites, encarna en todo sér vivo, cuya influencia se ha dejado sentir de un modo mas ó menos directo en las revoluciones registradas en los anales de la Geología.

Tampoco puede admitirse como verdadera esta explicacion, pues se funda en la serie continua, en la trasmutacion de las especies y en la supuesta idea de la perfeccion sucesiva de los séres organizados; hipótesis que, léjos de apoyarse en datos sólidos de Anatomía y Fisiología comparadas, parece desmentir ó echar por tierra la observacion atenta é imparcial de todo lo que pasa hoy á nuestra vista. Con efecto, en cuanto á la perfeccion sucesiva de los séres, acabamos de ver en la discusion de la ley 5.ª cuán destituida se halla de fundamento; pudiendo decir lo mismo de la serie única y continua de los séres, ya que su base fundamental es la perfeccion sucesiva, que no existe. Y en cuanto á la variabilidad y trasformacion de las especies, podemos asegurar que, por lo menos en la época histórica, no se observa, y sí por el contrario, la estabilidad, teniendo que apelar, para admitirla y comprenderla en épocas anteriores, á la hipótesis insostenible de causas ocultas, ó por lo menos de naturaleza diferente á las actuales, lo cual, como hemos demostrado mas de una vez, no es exacto ni racional.

Demostrada la insuficiencia de las dos teorías que acabamos de exponer, solo resta la 3.ª, que es la de las creaciones sucesivas, ó mejor tal vez, adoptando la idea de Pictet, de la independencia de las faunas. Los que la profesan, en cuyo número debe colocarse, y en primera línea, al gran Cuvier, admiten la intervencion del poder creador, ó en otros términos, de Dios, al principio de cada época geológica. Pero, como hace notar Pictet, aunque esta sea la idea mas generalmente admitida hoy, se comprende que por su índole especial no puede someterse á la apreciacion científica, no siendo, por otra parte, una verdadera teoría la que expresa, pues en vez de explicarnos el modo cómo se verifica esta renovacion, se limita á demostrar la insuficiencia de las otras explicaciones.

Quede, pues, sentado en conclusion, que los animales de las diversas faunas geológicas no proceden, por generacion directa, de las especies que les precedieron, sino que son independientes las unas de las otras, al menos en los tipos bien marcados así de faunas como de terrenos. Estos principios es muy probable se apliquen en el mismo sentido, y con iguales restricciones, á la sucesion del reino vegetal.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE TERRENOS

Estos terrenos, cuyos caractéres principales van ya indicados, abrazan seis grandes períodos, que segun el cuadro adjunto, son de arriba abajo, moderno, cuaternario, terciario, secundario, primario y azóico ó privado de fósiles. La descripcion particular de cada uno se procurará uniformarla, reduciéndola en lo posible á la pauta siguiente: despues de la sinonimia, se dará una somera definicion fundada en su verdadera índole; seguirán los caractéres mineralógico, estratigráfico y paleontológico, terminando con la cita de las localidades mas importantes, en que así dentro como fuera de la Península pueden estudiarse, y una breve indicacion de las principales sustancias ó condiciones útiles que pueda ofrecer.

PRIMER PERIODO.—AZÓICO

SINONIMIA.—Terrenos talcosos y de pizarras cristalinas de varios autores.—Terreno cristalofílico, Omalius.—Rocas estratificadas azóicas, D'Orbigny.—Terrenos primitivos y suelo primordial, escuela de Werner y Cordier.—Rocas estratificadas primitivas, Buckland.—Terrenos cristalizados, Dufrenoy y Elie de Beaumont.—Rocas metamórficas, Lyell, Beudant y otros autores, etc.

En rigor este terreno, por el que empieza sin duda la serie de sedimento, inmediatamente sobrepuesto á las rocas llamadas hidrotermales, cuyas formaciones se acaban de indicar, no tiene hoy razon de ser, merced al hallazgo que en estos últimos tiempos se ha hecho de restos orgánicos en su seno. Debe esto extrañarnos tanto menos, si recordamos el granito ó pegmatita de Grangesberget en Suecia, que lleva tambien materia organizada. Estos descubrimientos, que agregados á otros datos, han contribuido poderosamente en los últimos tiempos, á modificar algun tanto la teoría mas generalmente admitida acerca de la formacion de estas rocas y de los agentes que ocasionaron la primera consolidacion del globo, han influido tambien, como era natural, en determinar la verdadera posicion que á dichos materiales corresponde en la serie que vamos á examinar. Es indudable que los hechos orgánicos escasean mucho en los depósitos representantes de este terreno; pero esto es efecto natural de causas varias, entre las cuales el metamorfismo que ofrecen las rocas que los presentan, debe ser una de las principales, sobre todo en aquellos primitivos tiempos de la aparicion

de la vida, en que los organismos no eran ciertamente muy complejos, ni debian ofrecer las mejores condiciones para resistir á los múltiples y poderosos agentes que á la sazon actuaban en el globo. Pero aunque escasos, los restos orgánicos existen, así en las pizarras esteatíticas, micáceas, cloríticas, etc., como en el gneis, que en su conjunto representan este terreno. El indicarlo al principiar la descripcion de los terrenos de sedimento, ha sido pues con el fin de dar estas explicaciones indispensables para la claridad del asunto; por lo demás, todas las rocas mencionadas en la somera indicacion que precede, deben agregarse al terreno inmediatamente superior, que llamaremos silúrico, con tanto mayor motivo, cuanto que gran parte de su composicion es debida á estas rocas y á sus detritus.

SEGUNDO PERIODO.—PALEOZOICO Ó PRIMARIO

SINONIMIA.—Terrenos de transicion y parte de los secundarios, Werner; Epoca trilobítica, Huot.—Parte del grupo de la arenisca roja y 7.°, 8.° y 9.° grupos de Delabeche.—Terrenos hemilísicos, Omalius, 1.ª edicion, 5.° órden, terrenos primarios del mismo.—Terrenos icemínicos, abisicos y gemilísicos, Brongniart.—Orden 4.° primario, Lyell.—Terrenos paleozóicos, D'Orbigny y la mayor parte de los autores.

Los terrenos representantes de este período ó gran época terrestre, fueron llamados de la Grauwacka y de transicion por la escuela de Werner, por ocupar una posicion intermedia y por ofrecer sus materiales caractéres mixtos de los que ellos llamaban primitivos y de los secundarios. Posteriormente se les dió el nombre de paleozóicos, palabra compuesta de *palayos*, antiguo, y *zoos*, animal, en razon á ser los de la primera manifestacion de la vida en el globo; consideracion que inclinó á Omalius á designarles con el nombre de primarios. El señor Bronn de Heidelberg los llama tambien paleolíticos ó sea de piedras antiguas, lo cual si bien es exacto, no es de gran utilidad práctica, en atencion al escaso valor que tiene el carácter mineralógico; mejor se dirian paleogénicos.

DEFINICION.—La época paleozóica es en la historia terrestre la que indica la primera sedimentacion, la cual se formó á expensas de las rocas plutónicas del pristino enfriamiento, hallándose representada por el gneis, por las pizarras en todas sus variedades, por las cuarcitas, conglomerados silíceo-feldespáticos, areniscas, calizas, etc.; presentando como materias accidentales, grandes depósitos de combustibles, filones y masas metálicas susceptibles de explotacion y otras materias no menos importantes. Profundas y repetidas dislocaciones, y como es consiguiente, el metamorfismo de sus diversas rocas, acreditan el carácter estratigráfico de este período, del cual podrá formarse una idea clara y perspícua, con solo indicar que en él se realizó el hecho misterioso, y hasta el presente inexplicado, de la primera aparicion de la vida en la tierra.

DIVISION.—Este gran período de la historia física de nuestro globo, uno de los mas importantes, así por las razones mencionadas como por el enorme espesor que alcanzan sus estratos, que excede de 12,000 metros, se divide hoy en cuatro grandes terrenos que son, de abajo arriba: silúrico, devónico, carbonífero y pérmico, mereed á los perseverantes esfuerzos del distinguido geólogo inglés Mr. Murchison, eficazmente auxiliado de Verneuil y Keyserling, sus compañeros de viaje en el reconocimiento geológico de la Rusia europea y de Lonsdale y Sedgwick. Hoy por hoy, esta es la division mas generalmente admitida, siquiera algunos geólogos de nota, tales como Marcou y Geinitz, de Dresde, hayan querido en los últimos años invalidarla, desmembrando de este período el terreno pérmico, que con mas ó menos fundamento, quieren asociarlo al primero de la época secundaria, ó sea al triásico, formando con los dos lo que ellos llaman el Dyas.

PRIMERO.—*Terreno silúrico*

SINONIMIA.—Pisos filádico y ampelítico, Cordier.—Grupo de la grauwacka, Delabeche.—Caliza de transicion, Leonhart.—Terreno pizarroso; formacion Snowdónica y de Caradoc, Huot.—Terrenos de transicion medio é inferior, (Cúmbrico), Beaumont y Dufrenoy.—Terreno pizarroso, Omalius, en sus primeras ediciones.—Terreno rínico, silúrico y parte del cristalofílico, del mismo.—Piso primero silúrico; inferior y superior ó murchisónico, D'Orbigny.

DEFINICION.—Este terreno, así llamado por Murchison desde 1835 por hallarse muy desarrollado en una comarca del oeste de Inglaterra, en el pais de Gales, habitada en tiempos antiguos por una tribu de bretones, conocida con el nombre de siluros, comprende una serie de materiales, que detallaremos mas adelante, ofreciendo diversos accidentes estratigráficos y los restos de las primeras plantas y animales que poblaron el globo, alcanzando sus estratos un espesor que no baja de 6 á 7,000 metros; lo cual, atendido el procedimiento que emplea la Naturaleza en el proceso de la sedimentacion, supone un espacio inmenso de tiempo, muy difícil de determinar.

CARÁCTER MINERALÓGICO.—El silúrico se halla representado por el gneis, pizarras micáceas y talcosas, por la cuarcita, areniscas y conglomerados silíceo-feldespáticos; por calizas, siquiera no sea esta la roca mas comun, y por alguna otra de menor importancia. Como elementos accidentales pueden indicarse la antracita, el grafito y el diamante, el cinabrio, manganeso, antimonio, la galena y otros metales susceptibles de explotacion. Muchas rocas plutónicas, como el granito, la sienita, los pórfidos, etc., pueden considerarse como contemporáneos algunos, posteriores otros á la consolidacion de sus estratos. Todos estos materiales, ó la mayor parte de ellos, ofrecen evidentes señales de metamorfismo, debido á la accion hidrotermal, que entonces debió ser poderosísima, atendida la proximidad al foco ígneo terrestre.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—Aunque observaciones atentas y minuciosas han invalidado, en gran parte, la teoría de los levantamientos de montañas de Elie de Beaumont, no obstante, con el fin de facilitar la inteligencia del asunto, indicaremos en el carácter estratigráfico, primero, los límites superior é inferior de este como de los otros terrenos, señalando despues los levantamientos que se verificaron durante el largo espacio de tiempo que representa su sedimentacion, en cuyo dato, aunque sujeto á interpretaciones diversas, se funda con frecuencia la division de cada terreno en grupos, pisos ó hiladas. Aplicando estos principios al silúrico, diremos que por abajo los separan de los terrenos plutónicos los sistemas de Finisterre y la Vendée; y por arriba el de Morbihan lo aisla del terreno inmediato superior ó devónico, al cual sirve de base frecuentemente, en discordancia de estratificacion. Además de estos levantamientos, límite inferior y superior, el silúrico experimentó, durante el largo espacio de tiempo que representan sus materiales, la aparicion del sistema de Longmynd, lo cual determina en parte, su division en superior é inferior.

Los resultados de todos los levantamientos posteriores á su formacion, se ostentan claramente en este terreno en el sinnúmero de accidentes estratigráficos, tales como inclina-

cion profunda de sus capas que llega hasta la vertical; fallas, soplados, resbalamiento de estratos, grietas y hendiduras, así como el metamorfismo mas completo de las rocas.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Con decir que en este terreno verificóse la primera aparicion de la vida en el globo, bastaria para distinguirlo de todos los demás; pero si no queremos limitarnos á esta nocion general y deseamos concretar mas el asunto, diremos que es el silúrico el terreno en que adquirieron mas desarrollo aquellos crustáceos singulares llamados trilobites por la division en tres segmentos, cabeza, cuerpo y cola, del dermato-esqueleto; el de la primera aparicion de los cefalópodos, braquiópodos y demás grandes grupos de moluscos, á cuyos séres acompañaron poco mas arriba, pero siempre dentro del terreno, los peces, como representantes de los vertebrados, equinodermos y zoófitos, últimos grupos del reino zoológico y algunos restos de plantas de organizacion sencilla.

Como complemento é ilustracion de este carácter tan importante, véanse las figs. 70, 71, 72, 73 y 74.

DIVISION.—Generalmente hablando, los geólogos dividen este terreno en tres pisos ú horizontes, siquiera no todos estén acordes respecto á los límites que los separan, ni tampoco en cuanto á los nombres que les dan. Lo mas comun es que, segun el órden de posicion, se designen con los nombres de inferior, medio y superior.

Adoptando en esta materia la doctrina del gran maestro señor Barrande, agrupamos todas las masas fosilíferas inferiores al levantamiento de Longmynd, y de consiguiente, á las capas de Llandeilo y de Bala, y las consideramos como el piso silúrico inferior que corresponde al Cámbrico de Lyell; el medio abraza las formaciones de Llandeilo y Caradoc; finalmente, termina por arriba el terreno, segun este geólogo, por las zonas de Wenlock y Ludlow, verdadero piso superior. Esta division corresponde, como veremos, á sus famosas faunas primera, segunda y tercera en Bohemia.

En Inglaterra, tierra clásica para el silúrico, estos tres pisos constan, segun Lyell, de los materiales indicados en el cuadro adjunto:

CUADRO DEL TERRENO SILÚRICO EN INGLATERRA

		CARACTERES litológicos dominantes	Grueso en metros	RESTOS ORGANICOS característicos
PISO SUPERIOR				
1.° Formacion de Ludlow.	Ludlow superior.	Tilestone (piedra de tejar), areniscas micáceas de hojas delgadas, rojizas y verdes. Areniscas y légamo micáceo gris.	245?	Moluscos marinos de casi todos los órdenes; los braquiópodos son, sin embargo, los mas abundantes: serpulites, crustáceos, trilobites, peces placoideos, los mas antiguos que se conocen. Algas marinas, y en las capas superiores plantas terrestres.
	Caliza de Aymestry.	Caliza arcillosa.	610	
	Ludlow inferior.	Pizarras con concreciones calizas.		
2.° Formacion de Wenlock.	Caliza de Wenlock.	Caliza concrecionada en gruesas capas.	Mas de 600	Moluscos marinos de diversos órdenes, como en el anterior. Crinoidéos y corales abundantes; trilobites y graptolites.
	Pizarras de Wenlock.	Pizarras arcillosas, llamadas flagstone (piedra de enlosar).		
PISO MEDIO				
Formacion de Caradoc.	Grupo de Llandovery.	Pizarras y caliza conchífera.	600	Crinoidéos; corales y moluscos, principalmente braquiópodos (el género *Pentamerus*, dominante).
	Arenisca de Caradoc.	Areniscas y conglomerados.		
PISO INFERIOR				
Formacion de Llandeilo.	Llandeilo flags (baldosas ó pizarras).	Losas ó baldosas calizas de colores oscuros, pizarras y areniscas.	1,600	Moluscos, trilobites, cristidéos crinoidéos, corales y graptolites.

En los Estados-Unidos, los geólogos de mas fama admiten la disposicion indicada en el cuadro siguiente, en el que se ve la relacion con el silúrico inglés, sin mas novedad que la de añadir en la parte inferior el grupo llamado Cámbrico, correspondiente á la arenisca de Postdam, en la América del Norte, sobre cuyo asunto debe darse algun esclarecimiento.

CUADRO DE LAS ROCAS SILÚRICAS EN LOS ESTADOS-UNIDOS

1.	Caliza de Pentamerus, superior.	Silúrico superior, ó formaciones de Ludlow y Wenlock.
2.	— de Encrinites.	
3.	— pizarrosa de Delthyris. .	
4.	— de Pentamerus, inferior.	
5.	— de Tentaculites. . . .	
6.	Grupo salífero de Onondaga .	
7.	— de Niágara.	
8.	Grupo de Cliton.	Silúrico medio ó arenisca de Caradoc.
9.	Arenisca de Medina	
10.	Conglomerado de Oneida. . .	
11.	Arenisca gris.	
12.	Grupo del rio Hudson. . . .	Silúrico inferior, ó capas de Llandeilo.
13.	Pizarra de Utica.	
14.	Caliza de Trenton..	
15.	— de Black-River. . . .	
16.	— de Bird's-Eye.	
17.	— de Chazy.	
18.	— Arenisca de Postdam. .	
19.	Arenisca calcífera.	Cámbrico, ó bancos de língulas mas antiguos que los de Llandeilo.

Pretendiendo algunos geólogos ingleses separar del silúrico el piso de Llandeilo, para formar un terreno independiente con todo lo que le es inferior, el eminente Lyell se opuso á esta desmembracion, alegando entre otros motivos el tránsito de muchas especies del piso de Llandeilo, que para él forma la base de este terreno, á los horizontes de Ludlow y Wenlock, de modo que en el terreno silúrico dentro de dichos límites, en concepto de este eminente escrutador de la naturaleza, representa un período de tiempo no interrumpido desde las capas de Llandeilo hasta las mas superiores, á las cuales pasa por el intermedio de la arenisca de Caradoc. Sin embargo, este mismo, de acuerdo con Salter y Sedgwick, forma de las capas inferiores al horizonte de Llandeilo, un terreno independiente, al que da el nombre de Cámbrico, dividiéndolo en superior, que corresponde á las pizarras llamadas de língulas, por ser estos los fósiles mas curiosos, junto con trilobites, particularmente del género *Paradoxides*, *Agnostus* y algunos escasos braquiópodos; é inferior, representado por areniscas y pizarras llamadas de Bagnor por la localidad, y de Oldhamia en razon á ser estos zoófitos descubiertos por Forbes, por donde, al parecer, hizo en Inglaterra su primera aparicion la vida animal.

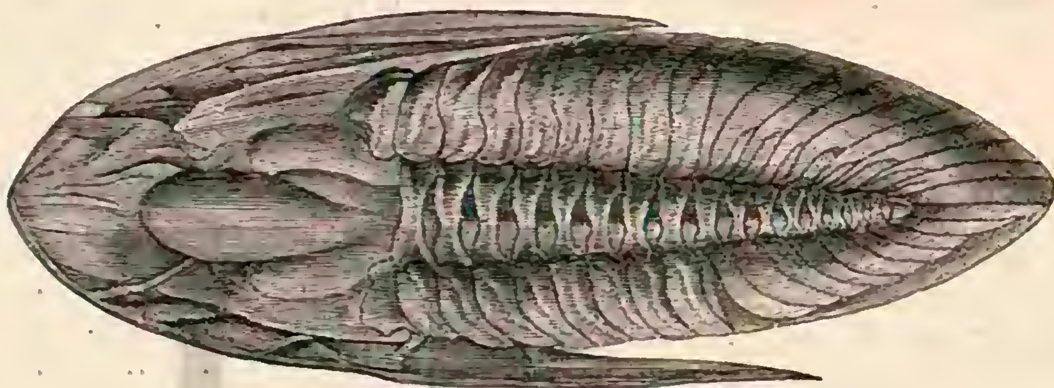


Fig. 73.—Ogygia Guettardi



Fig. 71.—Calymene Blumenbachii enroscado



Fig. 72.—Pentamerus Knichtii



Fig. 74.—Plantas del período silúrico.—*1* y *2* fucus (algas); *3* y *4* licópodos

Barrande, que en mi concepto es el primer paleontólogo de Europa, al menos por lo que respecta á terrenos antiguos, no admite la division propuesta por Lyell, estableciendo en la unidad de tiempo, que llamamos silúrico, la division en tres grandes grupos, á los que, con arreglo á datos paleontológicos, llama de abajo arriba, de la fauna primordial, de la fauna segunda, y de la fauna tercera. Fúndase para desechar la desmembracion de la parte inferior, bajo el nombre de terreno cámbrico, primero, en que en Suecia, donde tambien este terreno se halla muy desarrollado, la fauna primordial está íntimamente enlazada con la del horizonte que, segun Lyell, representa el silúrico inferior, ó sea el grupo de Llandeilo, y segundo, en que así en Bohemia como en el país de Gales, las formaciones que contienen la fauna primordial, y las de la segunda, se hallan sobrepuestas en perfecta concordancia de estratificacion, segun ha demostrado Murchison en Inglaterra.

En concepto, pues, de Barrande, la fauna primera es sincrónica del cámbrico de Lyell y del taconic system de los anglo-americanos, y comprende en Inglaterra los materiales inferiores al grupo de Llandeilo y al levantamiento de Longmynd. En Bohemia este horizonte se halla representado por los pisos que Barrande llama A y B, azóicos ó desprovistos de fósiles, y C formado de pizarras protozóicas, ó de los

primeros animales, y de cuarcitas. La fauna segunda es paralela con los horizontes de Bala y Llandeilo, y la constituyen, en los alrededores de Praga, varias capas de pizarras y conglomerados, con una corriente de rocas eruptivas llamadas trapp, estratigráfica y paleontológicamente de la fauna tercera, en la que se ven pocas especies de la anterior. Por último, la fauna tercera se halla formada en Bohemia de tres órdenes de caliza, que son inferior, media y superior, y de las pizarras que por su posicion llama Barrande culminantes, equivalentes en la Gran Bretaña á los pisos de Wenlock y Ludlow.

No se ha limitado el Sr. Barrande á establecer estas divisiones y equivalencias entre los diferentes horizontes del terreno silúrico en los dos países mas clásicos de Europa, sino que, llevando hasta un punto que asombra la exploracion y estudio paleontológico del mismo, ha evidenciado en obras y folletos, cuya consulta no puede excusar quien desee conocerlo á fondo, no solo el carácter respectivo de dichas faunas, sino algunas particularidades que, atendida su notoria importancia, vamos á referir sumariamente.

La fauna primordial, dice, posee todos los caracteres y condiciones necesarias para representar una unidad paleontológica independiente, pues contiene 174 especies propias, entre las que una sola pasa á la segunda; y 38 géneros de los que solo 12 se encuentran tambien en esta, como demuestra el adjunto cuadro.

CUADRO DE LOS GÉNEROS Y ESPECIES DE LA FAUNA PRIMORDIAL

CLASES Y FAMILIAS	GÉNEROS				ESPECIES					
	Números	Exclusivos de la fauna primordial	Números	Que pasan de la fauna primordial á la segunda	EXCLUSIVAS DE LA FAUNA PRIMORDIAL: Bohemia	Escandinavia	Inglaterra	América	Núm. total	Que pasan á la segunda
	1	Paradoxides, Brongn.			12	9	1	2	24	
	2	Olenus, Dalm.				21	5		26	
	3	Conocephalites, Barr.			4	11	1	1	17	
	4	Ellipsocephalus, Zenk.			2	3	1		6	
	5	Arionellus, Barr.			1	3			4	
	6	Sao, Barr.			1				1	
	7	Hydrocephalus, Barr.			2				2	
	8	Anomocare (pars), Ang.				4			4	
	9	Aneuacanthus, Ang.				1			1	
TRILOBITES.	10	Dolichometopus, Ang.				2			2	
	11	Corynexochus (pars), Ang.				1			1	
	12		1	Agnostus, Brongn.	5	15	1		21	1
	13		2	Symphysurus, Goldf.		1			1	
	14	Palœopyge, Salt.					1		1	
	15	Dikelocephalus, D. Owen.						5	5	
	16	Lanchocephalus, D. Owen						3	3	
	17	Menocephalus, D. Owen.						1	1	
	18	Crepicephalus, D. Owen.						2	2	
	19	Hymenocaris, Salt.					1		1	
CRUSTÁCEOS DIVERSOS.	20	Protichnites, D. Owen.					1	1	2	
	21		3	Citherinides, Ang.		2			2	
CEFALÓPODOS.	22		4	Orthoceras?, Brein.		1?			1?	
BRIÓZOOS.	23		5	Hyolites, Eichw. Piugunculos, Barr.	5	1		1	7	
	24		6	Lingula, Brug.		2	2	4	8	
	25		7	Obolus, Eichw.		1		1	2	
BRAQUIÓPODOS.	26		8	Discina, Lamk.	1	1		1	3	
	27		9	Orthis, Dalm.	1	3	1		5	
	28		10	Atrypa?, Dalm.		1			1	
	29	Trachyderma, Salt.					1		1	
ANÉLIDOS.	30	Arenicolites, Salt.					3		3	
	31	Chondrites?, M' Coy.					2		2	
ZOÓFITOS.	32	Oldhamia, Forbes.	11				3		3	
	33			Dictyonema, Hall.	1	1	1		3	
	34	Lichenoides, Barr.			1				1	
CISTIDEOS.	35	Trochocystites, Barr.			1				1	
	36	(Género indeterminado).			2				2	
		Incertæ sedis.			2				2	
FUCOIDEOS.	37	Scolithus, Hall.						1	1	
	38		12	Cruziana?, D'Orb.			1		1	
				Totales.					174	1

Asígnale además los caracteres siguientes: primero, el hallarse representada, en Bohemia al menos, por trilobites y por un corto número de otros fósiles; segundo, el pertenecer aquellos crustáceos en su mayor parte á géneros que no traspasan sino muy raras veces los límites verticales asignados á dicha fauna; y tercero, el que los trilobites característicos se diferencian de los de la fauna segunda y tercera en el gran desarrollo de los anillos torácicos, y en una notable reduccion de la cola ó pigidio.

La fauna segunda se halla caracterizada, segun el mismo, por trilobites en menor número que la anterior, de los cuales se distinguen tambien por la desproporcion del pigidio, que es mucho mayor que el tórax, carácter diametralmente opuesto á los de la fauna primordial. Todos, exceptuando agnostus y symphysurus, son nuevos; distinguiéndose principalmente los géneros asaphus, ogygia, ilænus, dionide y otros, á los cuales se asocia gran número de ortoceras de gran sifon lateral, y varios orthis entre los moluscos; graptólitos, entre los briózoos y algunos cistídeos (zoófitos).

COLONIAS.—El eminente Barrande aplica este nombre á un hecho inesperado, que ofrece el horizonte segundo del terreno silúrico de Praga, el cual consiste, segun el mismo, «en la coexistencia parcial de dos faunas generales que, consideradas en conjunto, son sucesivas.» Descubrimiento extraordinario que, contradiciendo en parte la ley paleontológica referente á la sucesion regular del organismo en el globo, no debe extrañarse excitara la atencion de los paleontólogos mas distinguidos, muchos de los cuales lo combatieron ó por lo menos dudaron de su existencia, suscitándose con este motivo una discusion que llegó á traspasar los límites de la prudencia. El Sr. Barrande, firme en sus convicciones, ha publicado de quince años á esta parte repetidas defensas de sus colonias, habiendo llegado su galantería hasta el punto de dar á algunos el nombre de los que con mas encarnizamiento han rechazado el fenómeno colonial. Así llamó á una colonia Krejci, á otra Lipold, distinguidos geólogos vieneses; colonia Cotta, y, por último, colonia D'Archiac, nombre que recuerda al malogrado autor de la Historia de la Geología, el cual sin haber visitado la Bohemia, atacó de la manera dura que acostumbraba el hecho descubierto é ilustrado por Barrande, quien tras de tantas contrariedades acababa de obtener el mayor triunfo que el hombre de ciencia puede esperar, segun se desprende de la última defensa publicada en marzo de 1870, en cuyo segundo capítulo que con tanta gracia como oportunidad intitula *Paz á las Colonias*, inserta la retractacion formal de parte de Krejci y Lipold; los cuales reconociendo por fin el error en que estaban, aceptan de lleno el fenómeno colonial silúrico. Con este motivo Barrande, despues de encomiar la lealtad científica de los que tan rudamente le combatieron, dice: «La paz reina en las colonias silúricas de la Bohemia: la verdad y el tiempo han realizado lentamente, pero con seguridad, su habitual obra de conviccion y conciliacion, cuyo resultado viene á demostrar una vez mas que las teorías geológicas, en vez de ser irrevocables y absolutas en sus principios, deben fundarse en una flexibilidad tal que se preste hasta el punto de abrazar, en caso necesario, los hechos mas inesperados y hasta aquellos que las doctrinas de la época en que vivimos reputan como imposibles. La ciencia está aun léjos de haber dicho su última palabra, desarrollándose de un modo lento y penoso, venciendo paulatinamente las dificultades que de consuno presentan, así la observacion atenta como los obstáculos que nuestra limitada inteligencia se crea, en virtud de teorías preconcebidas.»

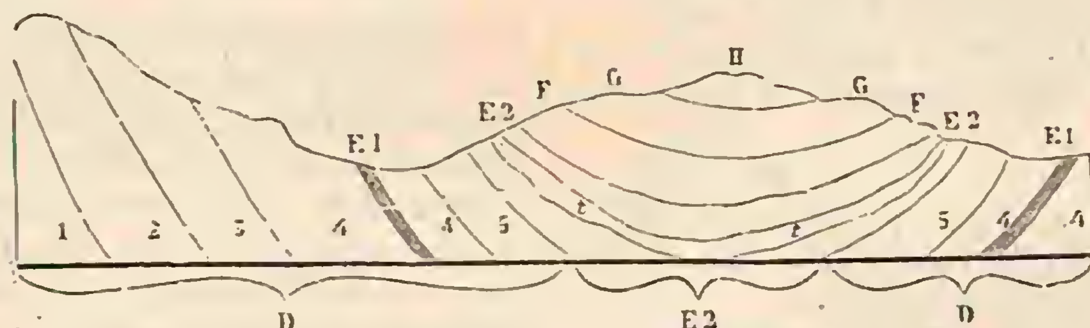


Fig. 75.— Corte de la cuenca silúrica de Bohemia

Ahora, pues, ya que la paz reina en las Colonias, segun la feliz expresion de su inventor, veamos cuál es el hecho paleontológico fundamental que las determina. Consiste este en la simultaneidad, en el horizonte D, de gran número de especies de la fauna 3.ª y de los propios de la 2.ª El diagrama adjunto, trazado por Barrande, no solo da una idea clara de la sobreposicion regular de los depósitos que representan dichos horizontes, sino que pone de manifiesto la faja que ocupan las colonias.

Como complemento del mismo, véanse los adjuntos cuadros con las aclaraciones indicadas en el texto.

INGLATERRA		BOHEMIA		
		H		Fauna III
		G		
Fauna III	Ludlow (51).	F		2,000 esp.
494 especies	Wenlock (106).	E		
	Llandovery (53)	5	colonias.	
	Caradoc (55).			
Fauna II		4	colonia.	Fauna II
549 esp.	Llandeilo (7).	3		D 260 esp.
		2		
		1		
Fauna I	Língula flags (capas). . .	C		Fauna I
25 esp.				40 esp.

Los números colocados entre paréntesis en los tres pisos de Llandeilo, Caradoc y Llandovery, indican las especies

que, como precursoras, verifican su primera aparicion en cada uno de ellos, y pertenecen al período ó terreno inmediatamente superior: los que ocupan los paréntesis en los horizontes de Wenlock y Ludlow, representan la distribucion de estas mismas especies en la fauna tercera.

Con el fin de hacer mas palpable la verdad é importancia de las especies precursoras, conviene marcar el espesor de cada uno de estos pisos en Inglaterra, segun Murchison.

			Piés ingleses
Fauna III.	Formaciones de Wenlock y Ludlow.		5 á 6,000
	—	Llandovery.	2 á 3,000
Fauna II.	—	Caradoc ó Bala. . . .	4,000
	—	Llandeilo.	14,000

Otro hecho no menos cierto y notable que el anterior, viene en su apoyo y á confirmar la existencia de las Colonias, á saber: la intermitencia de las especies y aun de los géneros, siendo bastantes los que aparecen en un piso para reaparecer en otro posterior, como demuestran los cuadros de esta página.

CUADRO *de la intermitencia de géneros y especies en la fauna segunda de Bohemia*

	FAUNA SEGUNDA D					FAUNA TERCERA			
	1	2	3	4	5	E	F	G	H
Géneros.. Arpes.	*	...	...	...	...	*	*	*	
Géneros.. Lichas.	*	...	...	...	...	*	*	*	
Géneros.. Ogygia.	*	...	...	...	*				
Agnostus tardus, Barr.	*	...	...	...	*				
Æglina speciosa, Barr.	*	...	...	...	*				
Id. sulcata, Barr.	*	...	...	...	*				
Cytherina prunella, Barr. . . .	*	...	...	...	*				
Bactrites Sandbergeri, Barr. . .	*	...	...	...	*				
Crepidula? ovata, Barr.. . . .	*	...	...	...	*				
Pugiunculus striatulus, Barr. . .	*	...	...	*					
Id. elegans, Barr..	*	...	...						
Ribeira pholadiformis, Sharpe. .	*	...	...	*					

Si fijamos un momento la atencion en el segundo cuadro, observaremos primero, que veinticuatro especies aparecen en la formacion de Caradoc, y saltan por la de Llandovery para presentarse de nuevo, excepto tres, en el piso de Wenlock; y segundo, que la cucullella anglica empieza en el de Llandeilo, que es mucho mas antiguo, desaparece en los pisos intermedios para reaparecer en la formacion mas moderna del terreno silúrico.

Este hecho extraordinario colonial no es peculiar á la Bohemia, pues en 1863 Barrande demostró su existencia en Francia y en varios puntos de España.

EXPLICACION DE LAS COLONIAS.—Como oportunamente hace notar el eminente Barrande en su último folleto, así como el hecho colonial estriba hoy sobre tales y tan positivos datos, que no puede en manera alguna rechazarse, no sucede lo propio respecto á su explicacion que forzosamente ha de ser en mayor ó menor grado hipotética. Con efecto, ora se considere efecto de dos creaciones locales de séres semejantes en las épocas indicadas; ó mejor, segun Barrande, resultado de emigraciones ó colonias procedentes de un centro de creacion mas ó menos apartado del punto en que hoy se observan, nunca pasarán de ser hipotéticas estas ú otras explicaciones, que con el tiempo se den del fenómeno, cuya importancia nos ha obligado á entrar en los pormenores que preceden.

	FAUNA SEGUNDA			FAUNA TERCERA		
	Llandeilo.	Caradoc ó Bala	Llandovery	Wenlock.	Ludlow.	Capas de tránsito.
Zoófitos						
Nebulipora papillata, M'Coy	......	*	......	......	*	
Sarcinula organum, Linn. .	......	*	......	*		
Syringopora Lonsdaleana, M'Coy.	......	*	......	*		
Crustáceos						
Bronteus laticauda, Wahl. .	......	*	......	*		
Lichas Grayi, Fletch.. . .	......	*	......	*		
Spærexochus mirus, Beyr. .	......	*	......	*		
Staurocephalus Murchisoni, Barr.	......	*	......	*		
Briózoos						
Fenestrella assimilis, Lonsd.	......	*	......	*		
Id. Milleri, Lonsd. . . .	......	*	......	*		
Id. antiqua, Lonsd. . . .	......	*	......	*		
Glauconome disticha, Goldf.	......	*	......	*		
Braquiópodos						
Orthis porcata, M'Coy. . .	......	*	......	*		
Rhynchonella depresa, Sow.	......	*	......	*		
Lamelibránquios						
Pterinea pleuroptera, Conr..	......	*	......	*	*	
Id. tenuistriata, M'Coy. .	......	*?	......	*	*	
Cardiola interrupta, Sow. .	......	*?	......	*	*	
Cucullella anglica, Salt. .	*	......	......	......	*	
Id. antiqua, Sow.	......	*?	......	......	*	
Mytilus unguiculatus. Salt. .	......	*	......	*		
Gasterópodos						
Machrocheilus elongatus, Porl.	......	*	......	......	*	
Trochonema triporcata, M'Coy.	......	*	......	*		
Cefalópodos						
Orthoceras filosum, Sow. .	......	*	......	*	*	
Id. laquetum, Hall. . .	......	*	......	*	*	
Id. primævum, Forch. .	......	*	......	*	*?	
Id. tenuicinctum, Porl. .	......	*	......	*		
Totales.	1	24	......	21	10	

PRECURSORAS Ó PROFÉTICAS.—Así llama el célebre Agassiz á las especies, que no solo en el silúrico, sino en casi toda la serie de terrenos de sedimento, anuncian con su presencia en un horizonte dado, las que mas tarde han de caracterizar una fauna ó flora.

FAUNA TERCERA.—La fauna tercera hállase en Bohemia en diversos bancos calizos inferior, medio y superior, colocados entre las pizarras de graptolites, que ocupan la base, y las llamadas culminantes, por coronar todo el sistema.

El carácter de esta fauna lo determina el gran número de trilobites, de moluscos (orthoceras, phragmoceras, gompho-

ceras, trochoceras, orthis), etc., de briózoos (graptolites), y muy particularmente, la primera aparicion de los peces, representados por los géneros onchus, thelodus, plectrodus, etc.

La gran riqueza en fósiles de esta fauna, contrasta singularmente con la corta extension de los grupos que la representan. En Bohemia se halla limitada al reducido espacio que ocupan los pisos F 2, F, G y H, en la parte central de la cuenca, como se ve en el corte anterior.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA.—El terreno silúrico se encuentra formando depósitos inmensos en el continente europeo, de cuya superficie ocupa próximamente una tercera ó cuarta parte. En Inglaterra está muy desarrollado en su parte occidental; en Francia, en el Cotentino, en la Bretaña y Vendée, y en los alrededores de la mesa central: en Alemania, en varios puntos, particularmente en Bohemia, donde ha servido de observacion al Sr. Barrande: en Rusia ocupa espacios inmensos, y en forma de faja pasa por San Petersburgo terminando en el Báltico y en la Finlandia; en la América del Norte constituye una region casi tan extensa como la Europa entera; en la del Sur, en el Brasil, las montañas de Minas Geraes pertenecen, segun Humboldt y Eschwege, á este terreno formado de una arenisca elástica, llamada itacolumita (nombre de un picacho), alternando con capas de cuarcita, de brechas ferruginosas (itabirita) y de pizarras talcosas, impregnadas de varios metales, á cuya descomposicion se deben los aluviones que tan ricos productos suministran en oro, platino, diamantes y otras piedras preciosas.

SILÚRICO ESPAÑOL.—Hemos dado tanto desarrollo á la descripcion de este terreno, así por las graves cuestiones que su estudio entraña, como por la extension considerable que ocupa en la Península.

HORIZONTE INFERIOR Ó FAUNA PRIMORDIAL.—A juzgar por lo que el Sr. Prado dice en la Memoria publicada en el *Boletin geológico de la Sociedad de Francia* en mayo de 1860, la fauna primordial del oeste de la Península afecta la disposicion en fajas estrechas, formadas de capas de calizas y pizarras rojas que ocupan mas de 100 kilómetros de extension, en la vertiente sur de la cordillera Cantábrica, desde el rio Esla, á un kilómetro al este de Sabero, hasta el orígen del Sil en Galicia. Del lado del este, Prado solo ha encontrado dos fajas que asoman por debajo de los terrenos carbonífero y devónico, á 10 ó 12 kilómetros al norte de Sabero, y pasan al este y al oeste de Corniero á la distancia de un kilómetro próximamente la una de la otra; el pueblo de Velilla se encuentra entre las dos fajas ó zonas. La del sur la llama Prado faja de Sabero; á la otra la distingue con la denominacion de zona de Boñar; nombre de un pueblecillo cerca del cual va á perderse debajo del terreno cretáceo.

El ilustre Barrande, en la nota que acompaña á la Memoria citada, despues de caracterizar, con Verneuil y Prado, los numerosos fósiles que este recogió, llama la atencion hácia dos hechos curiosos que se desprenden de los indicados por aquel. El primero consiste en el notable hiatus ó vacío que se observa en dichas localidades, en las que el terreno silúrico inferior se ve inmediatamente cubierto por el devónico; faltando en consecuencia los pisos representantes de la fauna segunda y tercera, y esto no en un corto espacio de terreno, sino en una extension que Prado calcula en 100 kilómetros. El segundo es la analogía que ofrece la naturaleza y aun el aspecto y condiciones estratigráficas de los materiales calizos, en los que se han encontrado fósiles silúricos y devónicos. Solo el color rojizo distingue el horizonte de la fauna primordial del devónico, cuyas rocas se presentan verdosas. De esta circunstancia deduce Barrande la necesidad de no fiar en la apariencia de las rocas, y de fijarse muy especialmente de la índole de los fósiles, sin los cuales los terrenos citados, tan diferentes entre sí, podrian haberse considerado como pertenecientes á un mismo período.

Los fósiles mas notables que Prado encontró en la faja caliza roja de Boñar, son el paradoxides Pradoanus, el arionellus ceticephalus, el conocephalites Sulzeri y una variedad de este casi liso; el conocephalites coronatus y el conocephalites Ribeiro, varios agnostus y otros, todos característicos de la fauna primera de Bohemia, de Inglaterra y Suecia. En Murero, al norte de Daroca, tambien se ha encontrado el paradoxides característico de la fauna primordial y otras especies.

HORIZONTE MEDIO Ó FAUNA SEGUNDA.—El piso medio, representante del sistema de Caradoc y de Llandeilo, no solo se ve muy desarrollado en varios puntos de la Península, sino que puede decirse, que hasta el descubrimiento reciente en la fauna primordial, debido al infatigable celo y á las asíduas observaciones del Sr. Prado, era casi el único representante del silúrico en nuestro suelo.

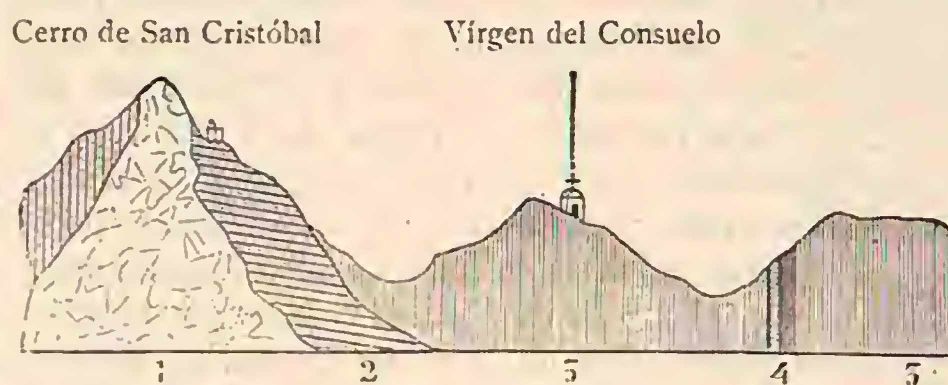


Fig. 76.—Corte del terreno silúrico en el que se encuentra la fosforita de Logrosan (Extremadura)

1 Granito porfídico.—2 Pizarra arcillosa, cuajada de maclas y estaurotidas, por la accion de la roca anterior.—3 Pizarras arcillosas, en capas verticales.—4 Filon metamórfico de fosforita.

Este horizonte existe en la Sierra-Carpentana, en los montes de Toledo y Sierra-Morena, en Leon, Palencia y Asturias, formando zonas muy importantes, y además en algunas localidades aisladas de Aragon, Cataluña y fronteras de Castilla la Vieja.

Su composicion varía algun tanto en los diferentes puntos en que hasta el dia se ha estudiado y reconocido. Así, por ejemplo, en Sierra-Carpentana lo constituyen las pizarras cristalinas y las cuarcitas que hácia el este cubren al gneis atravesado por muchos filones de granito. En todos estos materiales y en las calizas sacaroidéas que los acompañan, encontró Prado bilobites ó cruzianas, plantas que en Francia siempre se encuentran en el piso llamado en otro tiempo inferior, y que puede ahora considerarse como medio.

En la zona de los montes de Toledo, que comunica por Extremadura con la de Sierra-Morena, este horizonte consta de abajo arriba de grandes bancos de pizarras y samitas con restos de caliza negruzca, cubiertos por masas considerables de cuarcita, que recuerdan la arenisca de Caradoc y el stiperstone del oeste de Inglaterra. La cuarcita, en razon á su gran dureza y á la resistencia que presenta á la accion de los agentes exteriores, es la que constituye las cimas entrecortadas y mas altas de las montañas, marcando de un modo notable la direccion de los demás elementos del terreno, que es del este al oeste ó del este 10° ó 15° norte al oeste 10° ó 15 sur. En esta zona se encuentran dos criaderos importantes, á saber: el de la fosforita de Logrosan y el del cinabrio de Almaden, que merecen nos detengamos por un momento en darlos á conocer.

El primero, ó sea el de Logrosan, indicado ya en 1775 por Bowles en la Introduccion á la Historia Natural y á la Geografía de España, y descrito por primera vez por el señor Naranjo en 1849, pertenece, segun este geólogo, Luxan y otros, al período silúrico. La naturaleza y disposicion de los materiales que acompañan á tan preciosa sustancia, se comprenderá mejor con solo echar una ojeada al corte anterior, copiado del que ilustra la memoria que en 1860 publicaron en el *Boletín de la Sociedad geológica de Francia* los señores Naranjo y Peñuelas (fig. 76).

El yacimiento de la fosforita ofrece, segun estos ingenieros, todos los caractéres de un filon metamórfico mas ó menos regular, con una direccion media sur 40° oeste á norte 40° este y una inclinacion desde 60° hasta 90 este, mas bien que el de capas ó bancos contemporáneos de las rocas que lo contienen. El criadero está en el cerro de San Cristóbal que, al parecer, representa un cono aislado de levantamiento en el centro de una llanura silúrica de cinco á seis leguas de radio; su extension es de media legua de largo desde el arroyo de Nava-Zarza hasta la vertiente sur del monte, junto á la capilla de la Vírgen del Consuelo, y su potencia desde 0,60 hasta 7m. El aspecto que ofrece es el de una masa en capas verticales, empotradas en bancos poderosos de pizarras con vetas de cuarzo basto. Algunos ejemplares ofrecidos al Museo de Historia Natural por D. Ignacio Bolivar, procedentes de la mina Cármen de Cáceres, ofrecen todo el aspecto de orthoceras. En los Anales de la Sociedad Española se encontrarán mas datos sobre este importante asunto.

No cede en interés científico, ni tampoco industrial, el distrito de Almaden al que acabamos de reseñar; la presencia en él del cinabrio, en cantidad tan prodigiosa que lo coloca muy por encima de todos los criaderos conocidos en el mundo, bastaria para excitar la curiosidad del geólogo.

En el distrito de Almaden se encuentra el terreno silúrico acompañado del devónico, del que no siempre es fácil distinguirlo, como queda ya indicado, tanto por la analogía de caractéres que ofrecen, cuanto por participar ambos á dos de los mismos accidentes estratigráficos, encontrándose á veces confundidos ó mezclados confusamente. Sin embargo, Prado asegura que esta confusion solo se observa donde las capas afectan grandes dislocaciones, y en puntos circunscritos; persistiendo el silúrico con sus caractéres propios, en superficies á veces muy extensas. Almaden, Valdeazogues, Cabeza del Buey y Herrera del Duque, son las principales localidades en las que el devónico acompaña al silúrico de esta manera tan íntima.

La constitucion geognóstica de este terreno consiste principalmente en pizarras, que representan el elemento dominante. El color de estas rocas suele ser en general el negro ó gris pardo, casi siempre moteado de rojo amarillento, debido al hidróxido de hierro; tambien á veces se ven las pizarras blancas, en cuyo caso desliéndolas en agua, sustituyen á la cal y al yeso para el blanqueo. Otras pizarras son micáceas, con hojuelas muy delgadas de mica argentina. Con frecuencia pierden su estructura característica y se convierten en terrosas. Sus hojas no son rectas ni continuas; viéndose con frecuencia hendidas y agrietadas en todos sentidos por planos de crucero y de juntura, en cuyo caso es en extremo difícil apreciar la verdadera direccion de las capas. Solo en Castuera toma esta roca el aspecto de la pizarra de tejar, por cuya razon la llaman allí pizarra de librillo. Todas ellas presentan con mucha frecuencia en su masa nódulos esferoidales ú ovalados, unas veces piritosos muy duros, al menos en su centro, otras bastante deleznables y huecos en el interior, compuestos de materia pizarrosa. En Almaden, en el punto de contacto con el cinabrio, las pizarras negras contienen nódulos de pirita de mas de un pié de diámetro, cubiertos con frecuencia por el cinabrio.

En estas rocas, y particularmente en las de color negro, se encuentra la mayor parte de los fósiles característicos del piso en cuestion, entre los cuales la calymene Tristani es tan frecuente que, segun Prado, no falta nunca en las pizarras fosilíferas. Síguenle en el órden de su importancia y frecuencia, el orthis testudinaria; en impresiones, el bellerophon bilobatus, la calymene Arago, la placoparia Tournemini, el trinucleus Goldfussi y otros. La localidad mas rica, y en donde este geólogo ha encontrado la mayor parte de las especies citadas, es el pueblo de Pozuelos, cerca del puente llamado de las Ovejas, á tres leguas de Ciudad Real; tambien el Peralejo al norte de Guadalmez, la Huerta del Llano cerca de Chillon y otras, son dignas de estudio bajo este punto de vista.

Despues de las pizarras, la cuarcita es la piedra mas importante del silúrico en este distrito. Esta roca se presenta de grano fino y estructura compacta, pasando con frecuencia á una especie de pudinga (Grauwacka), de pequeñas chinas, tan íntimamente unidas entre sí, que es muy difícil separarlas. Su color generalmente es el blanco, manchado á veces de rojo por el peróxido de hierro, sobre todo en las superficies de estratificacion y en las hendiduras trasversales; tambien se la ve atravesada por venas y filones de cuarzo. En Puertollano, Abenojar y Luciana y en Nava de Ricomalillo, en donde suele contener oro, los cantos de la pudinga cuarcítica son de mayor tamaño, y se desprenden con mas facilidad. En los puntos en que esta roca se halla en contacto con las pizarras negras adquiere este mismo color, siendo muy difícil explicar el por qué en medio del sistema de las pizarras negras se ve á tan corta distancia la cuarcita ya blanca, ya del color oscuro de aquellas. Esta roca, cualquiera que sea su coloracion, suele presentarse en capas de mucho espesor, formando, lo mismo que en los montes de Toledo, la cima aguda y entrecortada de las montañas, particularmente cuando afecta la disposicion vertical. En ella solo se encuentran, por lo comun, restos de fucus y de bilobites, plantas al parecer terrestres, dispuestas siempre segun los planos de estratificacion, jamás en sentido trasversal.

En medio de la formacion de las pizarras se encuentra otro elemento geognóstico que, aunque de naturaleza silícea, se distingue de la cuarcita, y es una arenisca micácea, poco consistente, teñida de amarillo por el hidróxido de hierro. En ella se han encontrado la calymene Tristani, la placoparia Tournemini, el bellorophon bilobatus, y otros fósiles característicos. Su estructura es compacta, si bien suele pasar insensiblemente á la pizarrosa, conteniendo en este caso los mismos nódulos que las pizarras.

La caliza, que Le Play dijo no existir en el silúrico de Almaden, se encuentra, segun Prado, pero siempre en capas subordinadas á las pizarras. Su color habitual es el gris, aunque tambien suele presentarse negra, como entre Valdeazogues y Fontanosas y entre Brazatortas y Veredas, donde está literalmente formada de la calymene Tristani, del belerophon bilobatus y de otros fósiles característicos.

Prado cita además una arenisca de color gris claro muy deleznable, con algunas hojuelas de mica, en la cual parece haber encontrado junto á los cortijos de Malagon, restos de un ellipsocephallus, género característico de la fauna primordial de Bohemia; descubrimiento importante, y en el cual se funda Barrande para admitir la existencia del piso mas inferior del terreno silúrico en este distrito.

Además de las mencionadas, se encuentra en el territorio de Almaden una roca llamada por los mineros piedra frai-

lesca, muy curiosa, tanto por sus caractéres y composicion, cuanto por su yacimiento y circunstancias que la rodean.

La piedra frailesca ofrece el aspecto de una brecha de pedazos de pizarra negra, unas veces sin cemento aparente, otras reunidos por una materia caliza magnésica gris, ó de color claro, mezclada con arena y pequeños fragmentos de cuarcita. Tambien suele presentarse sin elementos pizarrosos, y su masa entonces es de cuarcita negra, sembrada de pequeñas porciones de la caliza dolomítica. En Almaden, en el punto de contacto de las capas que contienen el cinabrio, la piedra frailesca es de cemento dolomítico, con fragmentos de pizarra negra muy delgados y angulosos, y á veces de 2 y 3 decímetros de largo. La estructura en grande de esta roca, aunque predomine en ella el elemento calizo, es pizarrosa, y suele alcanzar un espesor de 50 y mas metros. En la masa de la piedra mencionada se suelen encontrar algunas oquedades tapizadas de pequeños romboedros de Dolomia, de color blanco anacarado. Tambien determina á veces esta roca la formacion de estalactitas, que se presentan en el interior de las galerías, de color blanco de nieve, pero sin que se descubra en ellas vestigio alguno de magnesia.

Por último, en la mina de Almaden, y en el seno mismo de la pizarra negra, suelen verse algunas capas aisladas de caliza magnesífera blanca, de aspecto sacaroidéo y homogéneo, afectando la forma de lentes de gran tamaño, aunque de corta extension. Otras veces se presenta este elemento geognóstico en pequeñas vetas ó filones en la masa de la piedra frailesca, llevando con frecuencia pequeños cristales de cinabrio. Prado dice haber visto los mismos cristales en una caliza parecida, si bien mas pura, en el criadero de cinabrio de Mieres (Asturias), perteneciente al terreno carbonífero.

La piedra frailesca ha proporcionado escasos vestigios orgánicos en Chillon, que lo mismo allí que en Guadalperal parecen afectar las facies del terreno devónico. Sin embargo, en Almaden, Prado la cree silúrica, tanto por hallarse rodeada de pizarras de este piso, cuanto por ser diferente su aspecto de la devónica, y mas particularmente por haber encontrado en su masa bilobites, fósiles propios de este terreno.

Tambien ha hecho el citado geólogo la observacion de que esta roca jamás se encuentra en la cuarcita, y que falta en ella el elemento feldespático, circunstancia que la asemeja mucho á la grauwacka del Hartz.

Los materiales devónicos y silúricos de Sierra-Morena, y particularmente los del distrito de Almaden, han experimentado la accion de varias rocas ígneas, entre las cuales deben mencionarse algunas variedades de granito, varios pórfidos verdes y negros ó melafidos, y las leucostistas ó pórfidos traquíticos, muy curiosos. La aparicion en diferentes épocas de todas estas masas eruptivas, no solo ha determinado la dislocacion, el quebrantamiento y el metamorfismo de todos los estratos, sino que indudablemente ha contribuido tambien á la formacion del curioso y por demás importante criadero de cinabrio. Entre estos efectos notables que revelan las rocas, es digno de mencionarse el replegamiento y la ondulacion de las capas que un dia se depositaron horizontalmente en el fondo del mar, y hoy se repiten con las formas mas caprichosas.

Respecto á la naturaleza de criadero del mercurio, me limitaré por ahora á manifestar, con Prado, que no debe, en general, considerarse como verdadero filon, á no ser en puntos muy circunscritos; y que la gran masa de cinabrio ha penetrado en las rocas, particularmente la cuarcita, siguiendo la direccion de sus capas, nunca en sentido trasversal. En muchos de estos materiales parece que hubo sustitucion de parte de sus elementos componentes por el mercurio que los desalojó al tiempo de penetrarlos; pudiendo citar en confirmacion, que cuando esta operacion se verificó en las pizarras, el metal adquirió la estructura y hasta el color oscuro que las distingue; al paso que en la cuarcita se presenta de color mas claro y en masa ó de estructura maciza.

Prado asegura que en el cinabrio se encuentra en ambos terrenos, devónico y silúrico, si bien es mas abundante en este que en aquel. Sin embargo, la salida de este metal es posterior á la consolidacion de sus materiales; debiendo, tal vez, referirla á períodos diferentes y mas ó menos íntimamente enlazada con la erupcion de las diversas rocas eruptivas que dislocaron dichos terrenos.

Los fósiles que mas comunmente se encuentran en este horizonte en la indicada comarca, son los que hemos mencionado mas arriba, y además el Asaphs nobilis; la Dalmania Philipsi y D. socialis; el trinucleus Goldfussi; el cyrtoceratites Luxani, y otros.

Las capas silúricas de Sierra-Morena se han reconocido en direccion este oeste desde Santa Cruz de Mudela hasta Cabeza de Buey y Castuera, en una extension de 170 kilómetros; siendo muy probable, segun Verneuil, que se prolonguen hasta el Cabo de San Vicente. En la última excursion que este geólogo hizo por nuestro suelo, parece haber hallado en la extremidad oriental de esta cordillera, entre Genave y Albaladejo, en el rio Guadarmena, la continuacion de este horizonte geológico, representado por pizarras y cuarcitas con la calymene Tristani.

En las fronteras de Aragon y Castilla tambien se presenta este terreno en pequeños manchones, representado por pizarras negruzcas con graptolites y cuarcita negra y gris. Constituye los cerros de Nuestra Señora y de San Cristóbal, cerca de Orihuela del Tremedal, y se repite con accidentes parecidos en Garaballa en el Collado de la Plata, entre Libros y Albarracin, cerca de Jea y Torres, en Checa, Horea Monterde, Montalban y otros puntos (1). En Molina de Aragon, y cerca de Prados, vuelve á presentarse, compuesto de materiales análogos, caracterizados por las calymene Tristani y Arago, la placoparia Tournemini, y otras especies idénticas á las de Sierra-Morena.

Las pizarras silúricas aparecen de nuevo mas arriba en capas muy inclinadas en los baños de Alhama de Aragon, enlazadas, sin duda, con las del eje de la cordillera de Burgos y el Moncayo. Cerca de Camprodon (Cataluña) tambien se ha observado este terreno, pues en sus pizarras negras encontró Loriere bastantes graptolites, fósiles característicos.

En cuanto á la otra gran region del terreno silúrico, ó sea la cordillera Cantábrica y las limítrofes provincias de Leon y Palencia, tambien se halla muy desarrollado, constituido por las pizarras y cuarcitas del piso medio, análogas á las de Sierra-Morena, y por areniscas ferruginosas en Sabero, con muchos fósiles característicos.

Segun Verneuil, el piso superior, ó sean las formaciones de Ludlow y Wenlock, no se encuentran en la Península, ó por lo menos es dudosa su existencia, pues los únicos datos paleontológicos que ha encontrado en Sierra-Morena, en Ogassa, cerca de San Juan de las Abadesas y en otros puntos, que pudieran hacer sospechar su presencia, son la cardiola interrupta, algunos graptolites y el orthoceras bohemicum, y como quiera que entre estos fósiles, el primero se encuentra tambien en Inglaterra y Bohemia en el silúrico inferior, es racional la duda que asalta al mencionado geólogo. Estas especies se encuentran en Sierra-Morena en

(1) Véase, para mayores detalles, mi Memoria geognóstico-agrícola sobre la provincia de Teruel.

lechos delgados de pizarras negras algo bituminosas, con concreciones calizas esferoidales, análogas á las de la base del piso superior de Bohemia. Este horizonte se halla en Ogasa, representado por los mismos elementos geognósticos, cubiertos por pizarras que contienen varios bancos de combustible y muchas impresiones de helechos del período carbonífero. Tambien, segun Verneuil, puede referirse al mismo, la faja de caliza silícea atravesada por numerosos filones de granito, que aparece en varios puntos desde Gerona y Calella hasta Barcelona, cerca de cuya ciudad encontró Prats algunas orthoceras.

Aunque en rigor no esté demostrada la existencia en la Península de las formaciones mas superiores del silúrico, sin embargo, puede asegurarse que estos materiales representan entre nosotros la parte culminante del terreno en cuestion; por cuyo motivo figuran en el cuadro de clasificacion de terrenos, como equivalentes de los pisos Wenlock y Ludlow.

El terreno silúrico comunica á las comarcas formas muy diversas, segun los materiales que en él dominan; así es que cuando son las pizarras talcosas ó micáceas y aun el gneis los que adquieren mas desarrollo, no produce montañas muy elevadas: sus formas son redondas y terminan por mesetas muy á propósito para el cultivo de la vid, cuando el clima lo requiere, segun hace notar el Sr. Rojas Clemente en su «Ensayo sobre las variedades de la vid comun;» tambien se producen muy buenos pastos en estas mesetas, como de ello nos da un buen ejemplo la Serena (Extremadura). Por el contrario, las cuarcitas y areniscas constituyen montañas bastante altas, ásperas, de contornos caprichosos y entrecortados y de grandes escarpes, imprimiendo al país el sello de pobreza vegetal.

Este terreno puede considerarse como el mas rico entre los de sedimento, bajo el punto de vista industrial, explotándose en él el cinabrio, el oro, la galena argentífera, el zinc, el cobre, el estaño y otros metales y algunas piedras preciosas. Entre los materiales pétreos las areniscas, los conglomerados silíceos, las calizas y las rocas plutónicas que se encuentran en él en abundancia, pueden destinarse á los usos indicados ya en terrenos anteriores. Muchas pizarras sirven para tejar y para pavimentar, etc.

En cambio de esta riqueza industrial, el terreno silúrico suministra pocos materiales á la agricultura, siendo en general pobre la vegetacion en las comarcas en que abunda este terreno. Sin embargo, en España puede decirse que por excepcion ofrece una gran riqueza en el criadero de fosfato de cal de Logrosan (Extremadura), cuya explotacion va creciendo de dia en dia de un modo fabuloso. Algunos opinan, en cuanto al uso que pueda hacerse de esta sustancia, que debe darse como alimento á las bestias y en especial á los bueyes, ejerciendo en su organismo, segun Elie de Beaumont y Mige-Couries, la misma influencia que sobre las plantas.

SEGUNDO.—*Terreno devónico*

SINONIMIA.—Arenisca roja antigua ó grupo devónico, Lyell.—Grupo de la arenisca roja antigua, Delabeche.—Old-red-sandstone, del mismo y de otros ingleses.—Piso de arenisca purpúrea, Cordier.—Formacion paleosamerítica, Huot.—Grauwackgebirge, de los alemanes.—Sistema devónico, Murchison y Sedgwik.—Devonian grup, Morris.—Piso segundo, devónico, D'Orbigny, etc.

HISTORIA DE ESTE TERRENO.—El terreno de que vamos á tratar, confundido hasta estos últimos tiempos con el período carbonífero por una parte, y con el silúrico por otra, bajo las denominaciones vagas de terreno de la grauwacka y de la arenisca roja antigua, fué separado y deslindado perfectamente en 1839 por los geólogos ingleses Murchison y Sedgwick, dándole el nombre que lleva por ser la parte meridional del condado de Devon (Inglaterra) la region en que ofrece mayor riqueza en restos orgánicos característicos. Esta separacion fué despues confirmada por la bella teoría de los levantamientos, habiendo demostrado el Sr. E. de Beaumont que entre el terreno silúrico y el carbonífero aparecieron los sistemas del Morbihan y de Westmoreland, que circunscriben perfectamente una serie de estratos con fósiles peculiares, aunque conservando algunos el carácter del terreno anterior, que son los representantes del old-red-sandstone. Posteriormente el Sr. Dumont, en la explicacion del mapa geológico de Bélgica, creyó oportuno separar la parte inferior del devónico, y elevarla al rango de terreno independiente, aplicándole el adjetivo rhínico ó del Rhin, desmembracion no por todos admitida.

DEFINICION Y CARÁCTER MINERALÓGICO.—El terreno devónico es el conjunto de capas de areniscas rojas, old-red-sandstone, y de conglomerados silíceos grauwacka, alternando con otras de pizarras, areniscas algo abigarradas y de caliza, ofreciendo entre sus estratos, como materia subordinada, la antracita, por cuya razon el Sr. Omalius lo llamó al principio parte antraxífera del grupo bituminífero, considerándolo como la base del de la ulla.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—El levantamiento del Westmoreland lo aisla, sin embargo, del indicado terreno, al que sirve de base en estratificacion discordante; así como el del Morbihan lo separa del silúrico por su parte inferior. Conste, no obstante, que esto se dice así de un modo general, pues con frecuencia es en extremo difícil separar las rocas devónicas de las silúricas, como sucede, segun Prado, en los alrededores de Almaden, donde, si llegan á faltar los fósiles, casi es imposible establecer la línea de separacion entre unas y otras. Este distinguido geólogo dice tambien que en general puede asegurarse, al menos en dicha comarca, que toda gran masa de pizarras es silúrica, así como las rocas muy cargadas de hierro, pertenecen al terreno devónico.

No se crea, sin embargo, que la composicion de este terreno es siempre idéntica; á veces predominan las areniscas y los conglomerados y le imprimen un carácter distinto y condiciones agronómicas diferentes; otras, adquieren mayor importancia las arcillas pizarrosas y las calizas, haciéndole variar completamente de aspecto.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—La primera aparicion de los reptiles junto con gran número de braquiópodos, pertenecientes á los géneros *Spirifer*, *Productus*, *Atrypa*, y *Terebratula;* de cefalópodos, tales como *Clymenia;* el gran desarrollo de los equinodermos pediculados llamados crinoideos, de cuyo grupo zoológico solo existen en el mundo actual dos representantes en el Atlántico; la presencia de muchas especies de trilobites, aunque diferentes todas de las anteriores; peces de extraña organizacion y aspecto, como puede verse en las figuras 77 y 78: muchos zoófitos formando arrecifes, y por último, una vegetacion propia y distinta de la del terreno silúrico, y del inmediato posterior ó carbonífero; tal es en breves palabras la representacion de la vida durante este periodo de la historia terrestre.

ESPESOR.—Segun el Sr. Murchison, este terreno alcanza en Inglaterra mas de 3,000 metros de desarrollo vertical; circunstancia que por sí sola basta para conceptuar el inmenso espacio de tiempo que supone la formacion de todos sus materiales.

DIVISION.—Aunque no aparece ningun sistema de levantamiento entre el de Morbihan y Westmoreland, sin

embargo, generalmente hablando, el terreno devónico se divide en tres pisos: superior, medio é inferior, conocidos tambien con los nombres de arenisca blanca de Elgin (Inglaterra, condado de Moray); caliza del Eifel con strygocephalus y calceola Schiefer (pizarras de calceolas), que representan el medio; y arenisca roja antigua, grauwacka de Kœmer, ó arenisca de Spirifers de Sandberger, que terminan por abajo la serie devónica. Estos horizontes se hallan perfectamente representados en Llama, Colle y Sabero por materiales algun tanto diferentes de los de Inglaterra y Alemania,

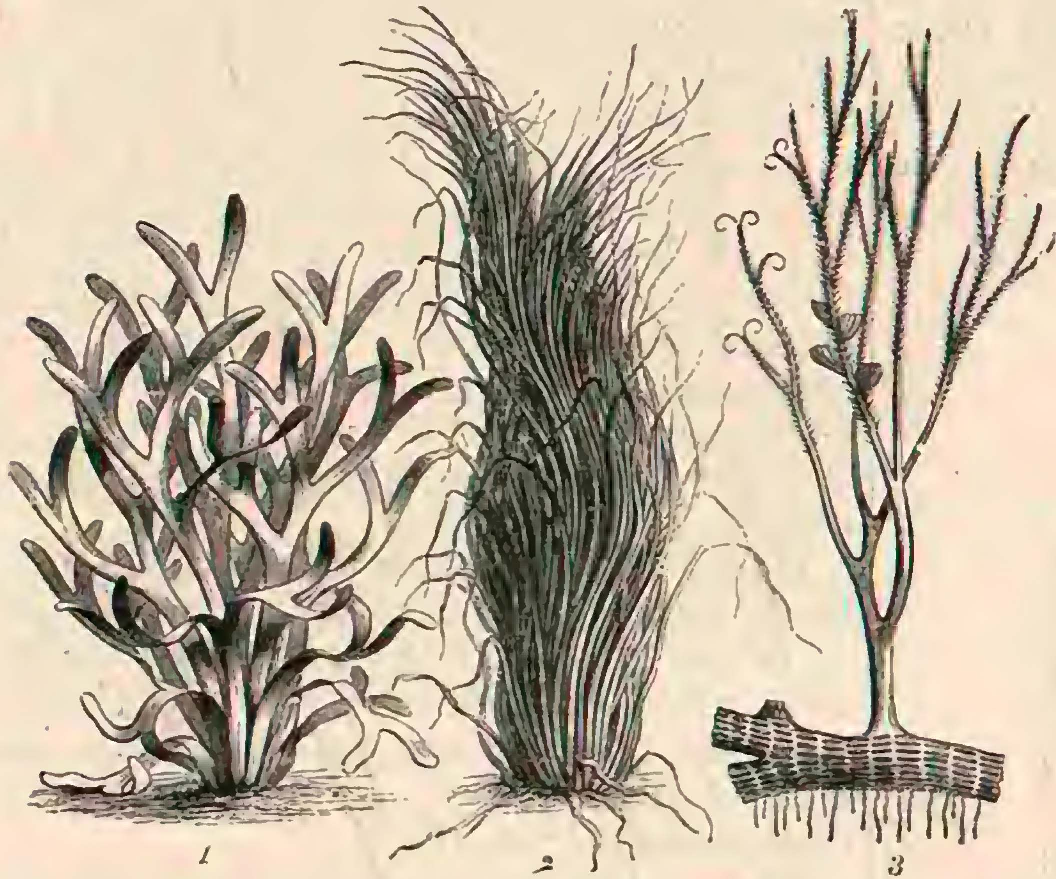


Fig. 77.—Plantas del período devónico.—1 Fucos; 2 Zostera; 3 Psilophyton

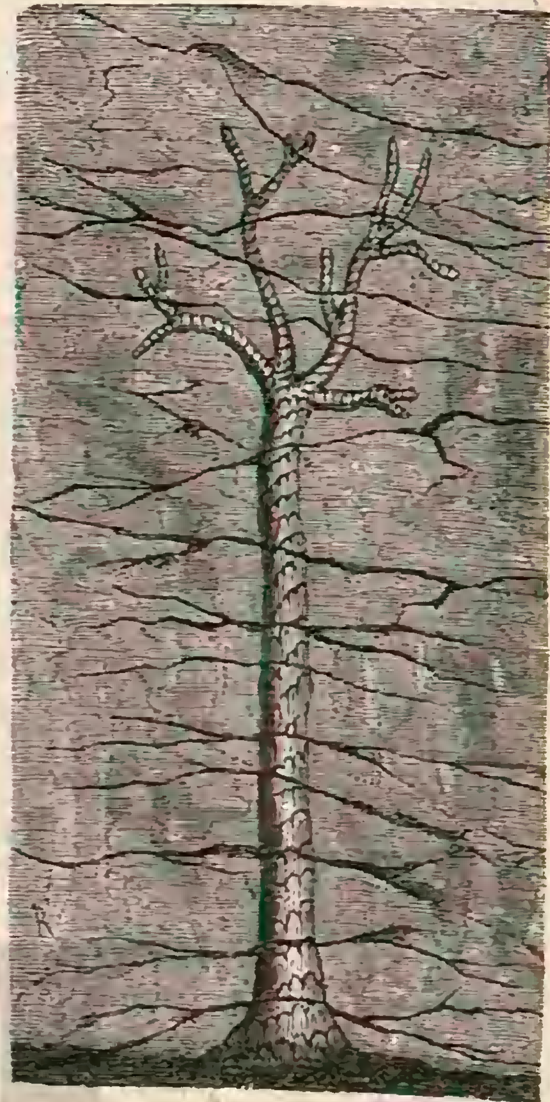


Fig. 79.—Lepidodendron Sternbergii

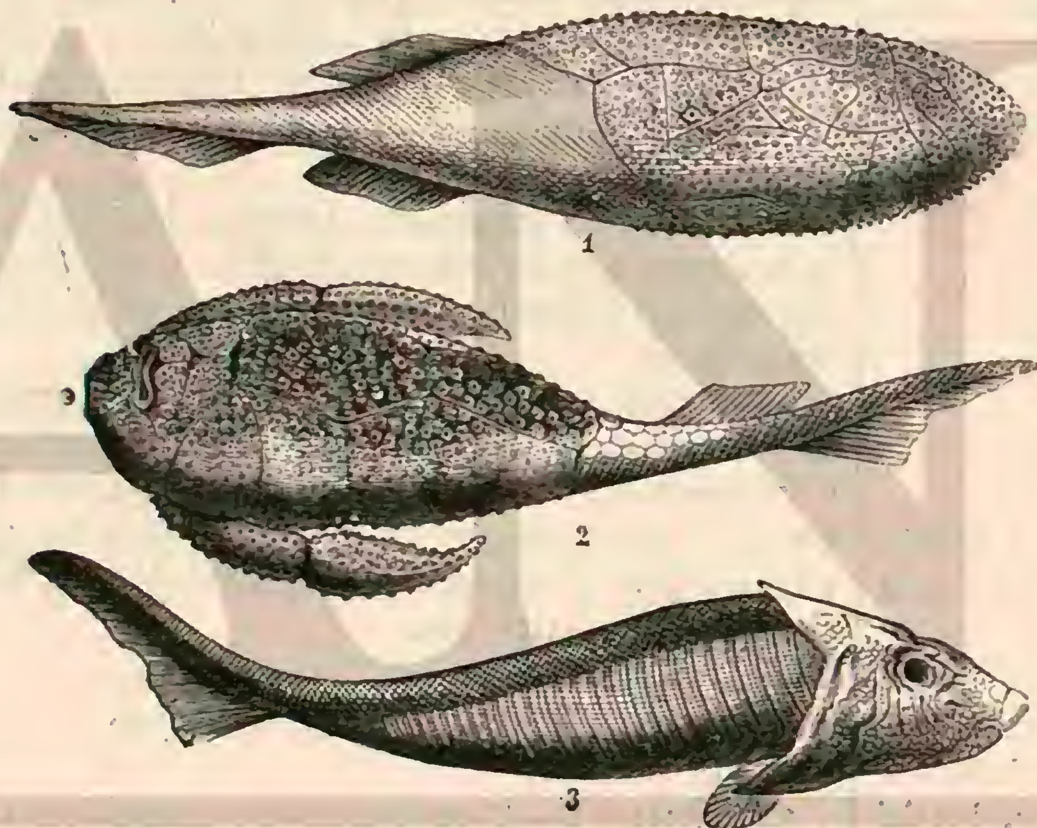
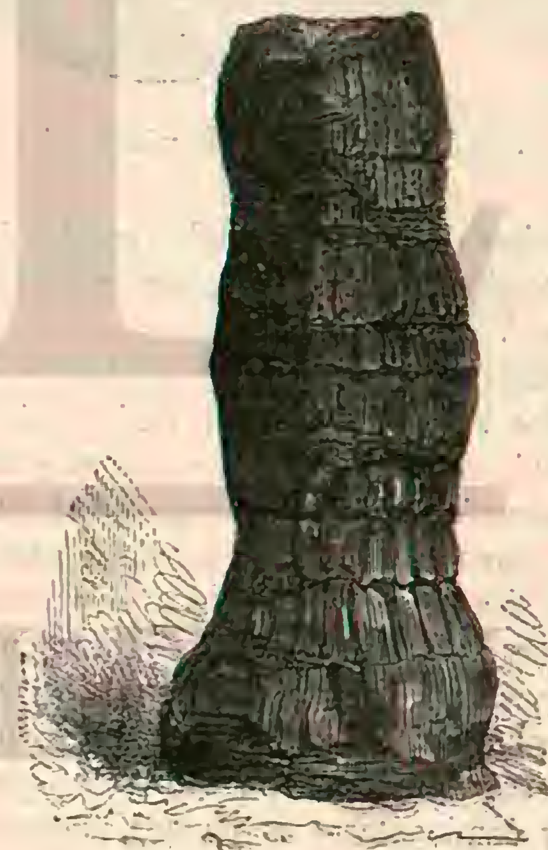


Fig. 78.—Peces del período devónico.—1 Coccosteus; 2 Pterychtys; 3 Cephalapsis



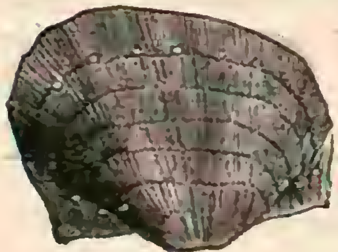


Fig. 80.—Productus Martini



Fig. 81.—Spirifer trigonalis



Fig. 82.—Spirifer glaber

Fig. 83.—Tronco de sigillaria

pero con fósiles característicos de este terreno y que establecen su verdadera contemporaneidad. (Véase el Cuadro general de terrenos.)

Al sur de los montes Grampianos, en los condados de Forfar, Kincardine y Fife, puede considerarse dividido el devónico en tres zonas, á saber: primera, de arenisca amarilla atravesada por otras en forma de fajas de color blanco; segunda, de pizarras rojas, areniscas con cornstone y un conglomerado en la base; y tercera, de arenisca tegular ó pizarrosa y arenisca dura, consistente, aunque bastante micácea, conteniendo una pequeña cantidad de carbonato de cal; esta piedra se destina al empedrado. En la region superior aparecen muchos peces de los géneros *Pterichthys*, *Pamphractus*, *Glyptopomus*, *Holoptychius*, y otros.

El terreno devónico del imperio ruso ofrece un hecho singular, segun Lyell y Murchison, y es: que en los horizontes en que predominan las areniscas, estas contienen muchos peces idénticos á los de Inglaterra, característicos del piso de la arenisca roja antigua, propiamente dicha; al paso que en los bancos calizos predominan las conchas semejantes á

las del Devonshire. Esta circunstancia confirma el orígen contemporáneo de este terreno en ambas regiones, á pesar de la distancia que las separa.

EXTENSION Y DISTRIBUCION GEOGRÁFICA.—Este terreno, reconocido primero en los condados de Devon y Cornwall, ocupa en la Gran Bretaña una extension considerable, formando fajas ó zonas relacionadas con el terreno carbonífero. Despues de asignarle el lugar que le correspondia en la serie, el mismo Murchison lo reconoció en Rusia, donde ocupa vastas regiones. Tambien se halla en la orilla derecha del Rhin, en el Eifel, en otros puntos de Prusia y en Bélgica está muy desarrollado, comunicándose

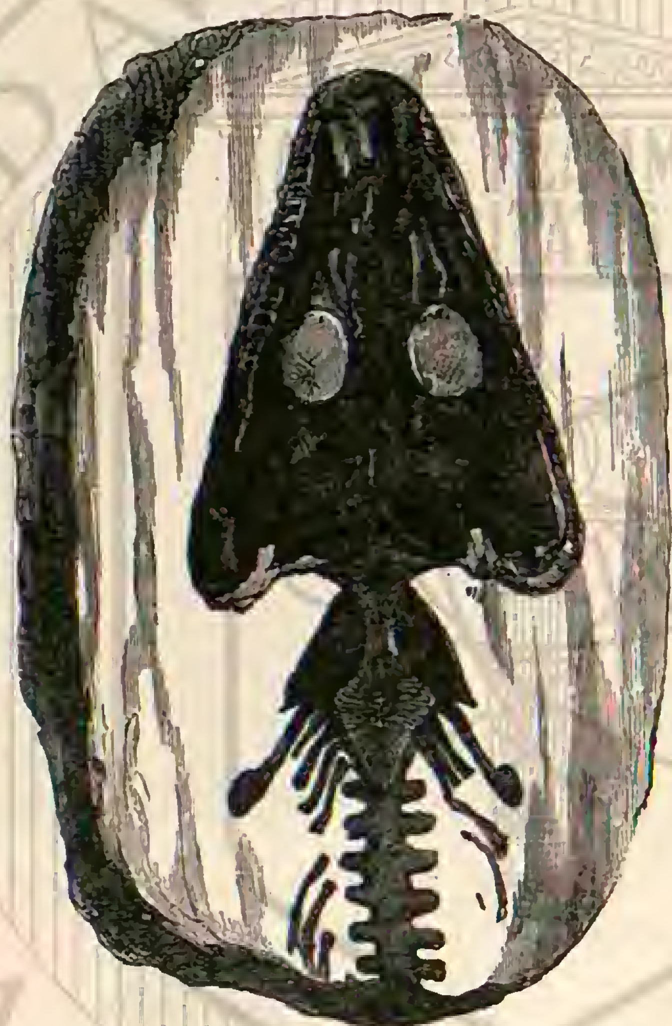


Fig. 84.—Archegosaurus minor (cabeza y cuello)

los depósitos de este último reino con los del Paso de Calais, y de un modo directo, aunque menos aparente, con los de la Bretaña y Vendée.

DEVÓNICO ESPAÑOL.—En la Península este terreno forma dos zonas, que corren casi paralelas de nordeste al sudoeste: la una se halla al sur, ocupa gran parte de Sierra-Morena, confundiéndose á menudo sus estratos con los del silúrico, como en Almaden, donde se presentan quebrantados y dislocados de mil modos por las numerosas erupciones metalíferas y pétreas que han ocurrido en dicha cordillera. La composicion del devónico en esta region se halla presentada, segun Prado, por un escaso número de estratos de pizarras subordinadas á las areniscas, que, al parecer, son las rocas dominantes, y en las que se encuentran los fósiles mas característicos. Las pizarras, que nunca adquieren gran desarrollo, se presentan de color gris, amarillento, verdoso ó rojizo, y hasta negro, como se observa en Guadalperal. Su consistencia es escasa y de aspecto con frecuencia térreo. Las areniscas, que aunque no tan duras como las del terreno silúrico, son mas consistentes que las pizarras, se presentan de color blanco, gris amarillento, á veces tambien rojas, jamás negras. En general las rocas devónicas de Almaden son menos ferruginosas que las de la cordillera cantábrica, si bien predomina mas el hierro en ellas que en los materiales del silúrico. Los fósiles mas característicos del devónico en esta region, de los que á veces se halla cuajada la roca, son los siguientes: Terebratula undata, T. reticularis, T. Mariana, Spirifer Bouchardi, Sp. subspeciosus, Sp. Archiaci, Sp. Verneuili, Productus subaculeatus, Leptæna Dutertrei, L. Murchisoni, Orthoceratites vermicularis, Dalmanites sublaciniata, Phacops latifrons, Homolonotus Pradoanus y otros muchos que se encuentran en Guadalperal, Guadalmez y Chillon, localidades muy ricas.

La zona del norte ocupa gran parte de las montañas de Asturias y sus ramales, en la provincia de Leon. El arrecife, que conduce desde esta capital á Oviedo ofrece hasta el pié del puerto de Pajares toda la serie de rocas de dicho terreno, compuesta en la base de grandes bancos de areniscas y conglomerados rojos, tan impregnados de hierro, que forman el objeto de ricas explotaciones, sobre todo en Mieres y Sabero: encima se encuentran muchos bancos de pizarras arcillosas, con el *cardium palmatum*, coronadas por gruesos estratos de caliza, que con sus variados accidentes dan un aspecto extraño y pintoresco á aquellas montañas. Esta region se extiende hasta los Pirineos, aunque no de un modo continuo.

Los fósiles de esta zona son casi los mismos que los de Sierra-Morena, pertenecientes en su mayor parte á la base del terreno, debiendo citar como localidades famosas las de Colle y Sabero (Leon), Ferroñes y Avilés (Asturias). En Puentealba y Burdongo se encuentran además bancos de caliza roja llena, al parecer, de goniatites y orthoceratites, característicos del piso superior.

Tambien el terreno devónico se halla bastante desarrollado en Hinarejos (Cuenca) alrededor del depósito de carbon, siendo notables los puntos de Castellano y el Cerro del Hierro; denominacion que nos da á entender que tambien allí como en Asturias, se ve este terreno favorecido por la presencia de tan precioso mineral.

De lo dicho se deduce que el terreno devónico ocupa en la Península gran parte de su superficie, contribuyendo muy directamente á determinar los accidentes geográficos que la caracterizan.

MATERIALES ÚTILES.—Las principales materias que suministra este terreno son: la antracita, el hierro, el cobre y otros metales; las calizas como mármoles y para la construccion; las pizarras para embaldosar y cubrir los edificios, y las areniscas y conglomerados, como materiales útiles para el empedrado y otros usos.

TERCERO.—*Terreno carbonífero*

SINONIMIA.—Terreno de ulla y antraxífero, Omalius.—Terreno izemínico-abísico de la ulla, Brongniart.—Coal-measures y carboniferous limestone de los autores ingleses, Montain-limestone, Philipps.—Stein-kohlengebirge, kohlensandstein de los alemanes.—Suelo secundario, Boué.—Grupo carbonífero, Delabeche.—Caliza de transicion en parte, de algunos alemanes.—Tercer piso, carbonífero, D'Orbigny.

HISTORIA.—El terreno en cuya descripcion vamos á ocuparnos, uno de los mas importantes de la serie bajo el punto de vista industrial por las cantidades considerables de combustible que suministra, se hallaba confundido hasta hace poco con el terreno pérmico y con otros mas inferiores, conocidos en Inglaterra con el nombre vago de arenisca roja antigua, *old red sandstone.* Los Sres. Sedgwick y Murchison lo deslindaron separándolo del terreno devónico, sobre el que descansa, y del pérmico al que sirve de base, y asignándole su verdadera posicion y caractéres propios.

DEFINICION Y CARÁCTER MINERALÓGICO.—Desde esta época se da el nombre de terreno carbonífero al conjunto de capas areniscas, arcillas pizarrosas, pizarras silíceas y micáceas (samita), con bancos de pudingas y calizas,

fétidas por lo comun, de colores oscuros; todo esto alternando á su vez con bancos de diferente espesor de carbon de piedra, y como elementos subordinados, nódulos, y á veces masas de hierro carbonatado y de otros minerales, objeto con frecuencia de ricas explotaciones.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.— El sistema del norte de Inglaterra separa perfectamente este terreno por arriba de la parte inferior del pérmico en estratificacion discordante; por abajo el del Westmoreland lo aisla del devónico, con las mismas condiciones estratigráficas.

A pesar de la exactitud con que hoy puede asignarse el lugar que ocupa en la serie este terreno, gracias á las dislocaciones producidas por la aparicion de los sistemas indicados, su posicion suele hallarse completamente invertida, estando unas veces sobre el jurásico y terciario inferior, como sucede en la Tarantesia (Saboya); otras encima del cretáceo en capas casi en estado normal, como se ve en las provincias de Leon y Palencia, y en especial en la última, entre Guardo y Muñeca, segun el Sr. Prado. En estos casos la calidad del combustible, y muy particularmente el carácter de los fósiles que encierran sus capas, son los únicos datos para determinar el verdadero horizonte que este terreno debe ocupar en la serie.

DISPOSICION Y ACCIDENTES DEL CARBONÍFERO.—Los depósitos carboníferos, respecto á su disposicion ó al modo de presentarse, deben distinguirse, segun Coquand, en dos clases, variando en cada una de un modo esencial las condiciones que los caracterizan.

Con efecto, los unos forman cuencas circunscritas y pueden considerarse como depósitos lacustres análogos á los de las turberas. El carácter que los distingue mejor es la presencia casi constante en su base, de una masa de pudingas de elementos de gran tamaño, procedentes de las rocas que los rodean; de donde es fácil deducir que estos terrenos deben su existencia á causas locales. Los criaderos de carbon mineral de Saint-Etienne, del Aveyron y de Epinac, en Francia, son buenos ejemplos de esta clase de depósitos locales, á los que probablemente corresponden en la Península los de Hinarejos y de Belmez y Espiel.

La segunda seccion comprende los depósitos formados en el seno de las aguas del mar, participando en consecuencia de su extension y de los caractéres propios de los terrenos de acarreo. Sirviéndoles generalmente de límites los terrenos paleozóicos mas antiguos, se presentan en forma de zonas ó grandes fajas en contraposicion á los anteriores. Las pudingas ó conglomerados, que tambien, por regla general, suelen formar su base, constan de materiales de escaso tamaño, son de naturaleza esencialmente silícea y de procedencia lejana. Las cuencas del norte de Francia, las de Bélgica, y particularmente las de Inglaterra, pertenecen á esta segunda categoría, á la que pueden igualmente referirse las de Palencia, Leon y Asturias.

Así los depósitos locales de naturaleza mas ó menos esencialmente lacustre, como los generales y marinos, han sufrido, en general, la accion de erupciones porfídicas, graníticas ó de otras rocas ígneas, las cuales con su aparicion determinaron uno de los caractéres mas distintivos de este terreno, á saber: la dislocacion de sus estratos que se presentan con frecuencia formando ondulaciones ó SS muy curiosas. Como ejemplos notables de este rasgo caracteristico del terreno carbonífero, pueden citarse los representados en las figuras 40, 41 y 42.

Esta especie de repulsion lateral simple ó doble, que experimentaron las capas del terreno carbonífero, determinó el estrechamiento de sus materiales en escala á veces enorme. Burat estima en 8,000 metros el de la cuenca del Saona y Loira y en 15,000 metros el del norte de Francia y Bélgica.

Otro de los efectos notables de estas erupciones, muy dignos de tenerse en cuenta en la explotacion de este combustible, es el de los saltos, fallas, grandes hendiduras ó resbalamientos que experimentaron todos los estratos, incluso los del carbon.

ORÍGEN DE LA ULLA. — Para evitar repeticiones inútiles, léase la pag. 300.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Un hecho notable ofrece la naturaleza y distribucion de los fósiles característicos en este terreno, á saber: el hallarse casi toda la fauna limitada al horizonte inferior y medio, mientras que la flora puede decirse peculiar al superior, observándose tambien algunas plantas en el medio. Aquella se halla principalmente representada por un extraordinario número de crinoideos, ó sean equinodermos pediculados, por muchos moluscos de todos los grupos, algunos insectos, peces, que suelen encontrarse en el interior de los nódulos de hierro y tambien reptiles, entre los cuales figuran el *apateon pedestris*, afine á las salamandras, y tres especies de *archegosaurus*, descritos por Goldfuss, procedentes del interior de las masas de hierro carbonatado de las minas de Saarbruck y de otras varias. (Véanse las figs. 79, 80, 81, 82, 83 y 84).

ESPESOR.—El terreno carbonífero llega á alcanzar en algunos puntos 3 y hasta 4,000 metros de espesor, como sucede segun el Sr. Verneuil en el distrito de Asturias, donde las capas de combustible repiten hasta setenta ú ochenta veces.

DIVISION.—Los levantamientos del Forez y de los Vosgos interrumpieron la formacion de este terreno, separándolo en tres pisos, superior, medio é inferior, division que concuerda admirablemente con la establecida en época anterior en Inglaterra, país clásico de este período geológico. El señor Griffith admite las divisiones siguientes en su mapa de Irlanda.

			Espesor en metros		
Pisos.	Superior..	De la ulla (coal measures), medida de carbon.	305	á	670
	Medio.	Millston-grit.	115	á	550
	Inferior.	Caliza de montaña.	365	á	1,950
		Pizarra carbonífera.	255	á	365
		Arenisca.	120	á	610

Formando la base del terreno carbonífero se halla un inmenso depósito de caliza negruzca ó azulada, que se llama carbonífera ó de montaña por su posicion, y tambien mármol encrinítico, por la abundancia de restos fósiles, y en especial de encrinites, que se encuentran como empotrados en su masa. Esta caliza forma bancos poderosos, aislada por arriba por el sistema de los Vosgos, y descansando por abajo sobre el terreno devónico en estratificacion discordante, determinada por la aparicion del sistema de Westmoreland.

Este piso suele presentar alguna capa de ulla, generalmente seca y con mas frecuencia antracitosa, en la parte superior y en la inferior, donde alterna con estratos de pizarras, areniscas rojas y arcillas.

Hállanse en él como materias subordinadas muchos betunes, entre los cuales debe mencionarse el que por sus propiedades se ha llamado goma elástica fósil: tambien se ven el espato flúor, el yeso, el aragonito, la baritina, la barita carbonada, la estronciana, el cristal de roca en diferentes formas, y otras varias.

La pobreza de este piso en ulla y en vestigios de plantas fósiles se halla compensada por la presencia de algunas sustancias útiles, como el hierro, el azufre y las piritas, y

tambien por la cantidad extraordinaria de animales, entre los que predominan los crinoideos, ó sean equinodermos pediculados, los zoófitos, los briózoos, algunos foraminíferos, los productus, evomphalus, orthoceras, el género bellerophon, que no se presenta en periodos posteriores, varios peces, y otros muchos, todos marinos.

En Asturias este piso está tan perfectamente representado en cuanto á la posicion y caractéres como en el norte de Inglaterra, en Bélgica y Rusia, adquiriendo un gran desarrollo en la base del terreno de la ulla, de cuya sustancia contiene algunas capas en los pisos superiores. Los fósiles de este piso son muy abundantes en Asturias, y los principales indicados por Verneuil los siguientes: productus semireticulatus, p. punctatus, p. cora, spirifer Mosquensis, Phillipsia, y la fusulina cylindrica, característica del sistema carbonífero de Rusia y de los Estados-Unidos de América.

El piso medio, separado del inferior por el levantamiento de los Vosgos, se conoce en Inglaterra con el nombre de millston-grit (arenisca, piedra de molino), por ser la roca principal un asperon de grano fino que lo destinan al indicado objeto y puede pasar, y lo hace con efecto, á una especie de arkosa ó arenisca feldespática y á un conglomerado mas ó menos basto. Tambien se encuentran en este piso algunas pizarras arcillosas y calizas impregnadas de betunes.

Aunque suele hallarse en este horizonte la ulla, es menos crasa que en el anterior, y sus capas mas delgadas y menos frecuentes, suministrando un combustible de inferior calidad.

Las arcillas suelen ser aluminosas y se explotan en muchos puntos para la extraccion del alumbre: se emplean tambien como muy refractarias para los altos hornos y crisoles: los ingleses las distinguen con el nombre de *fire-clay* (arcilla de fuego).

En algunos puntos este piso llega á adquirir una potencia de 200 y mas metros, y ofrece peces y moluscos fósiles, y tambien alguno que otro nódulo de hierro.

En los alrededores de Durham y de Northumberland (Inglaterra), el millston-grit sirve de base al superior: en Francia la cuenca de Saint-Aubin y de Sallé pertenecen á este piso, que se encuentra en Asturias y en San Juan de las Abadesas.

El piso superior del terreno carbonífero, separado del medio por el sistema del Forez, es el que llaman los ingleses *coal-measures* (medida de carbon), por ser el mas rico en tan preciosa materia; corresponde al terreno de la ulla propiamente dicho, y á la formacion carbonífera de algunos autores. Está compuesta de arcillas pizarrosas, impregnadas frecuentemente de betunes, en cuyo caso son inflamables, alternando con areniscas, pudingas silíceas y capas de carbon, desde una vara hasta dos ó tres de espesor, que es lo comun; repitiéndose gran número de veces, como sucede en el Northumberland, en el condado de Derby y en Asturias.

Además de estos elementos que pueden considerarse como esenciales, se encuentran en este piso una porcion de sustancias que, aunque accidentales, suelen ofrecer grande importancia industrial. Entre ellas ocupa el primer lugar el hierro carbonatado, que se presenta en nódulos ó riñones, y tambien en masas ó depósitos elipsoidales subordinados á las capas de pudingas y areniscas. La presencia del hierro en este terreno y el modo de presentarse, parece indicar la intervencion de corrientes eléctricas subterráneas en su formacion, como indicamos ya al explicar la notable disposicion que afectan los nódulos del pedernal en las capas de la creta blanca.

La pirita de hierro se presenta á veces diseminada en las pizarras y en la ulla, á la que comunica malas cualidades. Tambien suele encontrarse la galena, la blenda y con menos frecuencia el cinabrio, como se ve en Muñon-Cimero (Asturias). Entre las sustancias no metálicas se encuentran muchos betunes, resultado de una especie de destilacion de las ullas grasas, y además la baritina y el alumbre.

Para comprender la extension y distribucion geográfica de este terreno, véase el siguiente cuadro:

	CUENCA	Superficie aproximada — *Hectáreas*	Produccion — *Toneladas*
Islas británicas.	País de Gales. Condados de Derby y Strafford. Newcastle. Escocia.	1.600,000	De 35 á 40.000,000
Francia.	Del N. y paso de Calais. Del Loira, del Saona y Loira. Del Allier y del Gard	300,000	De 5 á 6.000,000
Bélgica.	Mons, Charleroi y Lieja.	150,000	6.000,000
Prusia y Alemania.	Sarrebruck, la Ruhr Silesia y Tharand (Sajonia).	180,000	4.000,000
Austria.	La de Bohemia.	80,000?	900,000?
España.	La de Asturias. La de Andalucía.	140,000?	500,000?
Est. Unidos de América.	La de los Alleghanis, del Tennessee y de la Pensilvania, del Illinois.	3.000,000?	9.000,000?

LOCALIDADES ESPAÑOLAS.—En la Península se conocen los famosos criaderos de Pola de Lena y Mieres (Asturias), el de Val de Sabero (Leon), Guardo y Muñeca (Palencia), los de Belmez, Espiel y Villanueva del Rio (Andalucía), el de San Juan de las Abadesas (Cataluña), el de Hinarejos (Cuenca), y otros de menor importancia.

MATERIALES ÚTILES DEL TERRENO CARBONÍFERO.—Entre las materias que encierra este terreno, la que realmente le dá su importancia es el precioso combustible buscado con empeño por todos los pueblos industriales, y que, como con mucha oportunidad dice el señor Caveda en su brillantísima Memoria sobre la Exposicion de la industria española en 1850, «es el agente mágico de »la produccion, el motor mas poderoso de las fábricas, el »elemento necesario para reducir las distancias, recorrer con »seguridad y presteza los mares, y convertir las naciones en »un solo pueblo.»

Pero además de este agente suministra dicho terreno otro no menos importante, á saber: el hierro, que no solo auxilia la explotacion de la ulla, sino que la existencia en el mismo criadero del combustible, hace muy económico su beneficio.

En muchos puntos se emplean las areniscas del piso medio para piedras de molino, como en Inglaterra y en otros países: las pizarras arcillosas que ofrecen alguna consistencia, se destinan á cubrir los edificios; y las impregnadas de materias bituminosas se emplean en la preparacion de lápices comunes y para la extraccion del aceite mineral, que se destina con grande éxito para el alumbrado público. La caliza de encrinites suministra un mármol precioso y muy estimado para mesas, chimeneas, etc., siendo el de Bélgica el mas buscado en el comercio. Por último, los betunes, el alumbre, algunas piritas y otros metales, son en diversos puntos objeto de ricas explotaciones.

CUARTO. — *Terreno pérmico*

SINONIMIA.—Terreno péneo, Omalius.—Terreno del Rothe, todliegende, zechstein y alpenkalk de los alemanes. —Pérmico, Murchison.—Pérmico ó caliza magnésica, Lyell. —Red conglomerad y magnesian limestone, de otros ingleses.—Zechstein, Humboldt.—Terreno sameritico, Huot.—Primera caliza secundaria, Boué.—Parte de la arenisca roja, Rozet.—Caliza alpina.—Parte inferior del grupo de la arenisca roja, Delabeche.—Parte del período salino magnesífero, Cordier.—Piso pérmico, D'Orbigny.—Arenisca de los Vosgos, Dufrenoy y Elie de Beaumont, etc.

DEFINICION.—El terreno pérmico, asi nombrado por Murchison en 1841, por hallarse muy desarrollado en el gobierno de Permia (Rusia), corresponde á lo que en 1822 llamó Omalius terreno péneo, traduccion del *rothe totliegende*, que significa terreno rojo pobre, denominacion que aplican los mineros alemanes á la parte inferior de este terreno, cuyo color habitual es el rojo, y que en contraposicion al piso medio, es muy pobre en mineral cobrizo. Con estos datos podemos ya decir que el terreno pérmico comprende una serie de capas de rocas calizas, cuarzosas y pizarreñas, colocadas entre el levantamiento del Rhin y el del norte de Inglaterra, que lo separan en estratificacion discordante, el primero del trias, base del período secundario, y el segundo del carbonífero.

CARÁCTER MINERALÓGICO.—Segun el Sr. King, el terreno pérmico consta en el norte de Inglaterra, en donde está muy desarrollado, de los materiales siguientes, que colocamos en frente de los admitidos por otros en la Turingia, para que se comprenda mejor su posicion y correspondencia.

NORTE DE INGLATERRA	TURINGIA	PISOS
1. Caliza cristalina concrecionada y caliza no cristalina.	1. Stinkstein. . .	
2. Caliza brecha y pseudo-brecha.	2. Rauchwacka. .	Superior ó zechstein. .
3. Caliza fosilífera. . .	3. Dolomia ó zechstein superior. .	
4. Caliza compacta. . .	4. Zechstein ó zechstein inferior. .	
5. Pizarra margosa. . .	5. Mergel schiefer ó kupferschiefer.	Medio ó kupferschiefer. .
6. Areniscas inferiores de colores claros. . .	6. Rothliegendes. .	Inferior ó rothliegendes. .

En Rusia el terreno pérmico consta, segun Murchison, de caliza blanca con yeso y sal, tambien blanca, de areniscas bastas, rojas y verdes, con mineral de cobre accidentalmente; y por último, de calizas magnésicas y dolomíticas, margas y conglomerados.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—El levantamiento de los Paises Bajos se verificó durante la formacion de este terreno, determinando la dislocacion de sus estratos y el metamorfismo de las rocas que los caracterizan.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—El terreno pérmico es el de la primera aparicion de las ostreas, panopeas y myoconchas: todavía se encuentran en él algunos reptiles extraordinarios, como el protorosaurus, el thecodontosaurus y paleosaurus, que le son peculiares; bastantes peces de organizacion singular, particularmente los palœniscus, pygopterus, cælacanthus, y platysomus, que, lo mismo en Inglaterra que en Mansfeld, se encuentran en las pizarras margosas del kupferschiefer, ricas en cobre: algunos productus, spirifer y otros moluscos. Entre las plantas se encuentran todavía restos de helechos arbóreos de la época carbonífera, y empieza á presentarse ya la familia de las cicadeas, coníferas. En resúmen, puede decirse que tanto la flora como la fauna del terreno pérmico se parecen mas ó tienen mas puntos de contacto y de semejanza con las del carbonífero que con las del trias, lo cual justifica plenamente su posicion dentro de la serie paleozóica.

El distinguido geólogo sajon Sr. Geinitz, que es el que mejor lo ha estudiado bajo el punto de vista paleontológico, dice que desde 1848, la fauna de este terreno se ha triplicado al menos, dando conocimiento en una obra que publicó en 1862, de 216 especies procedentes de Alemania, Inglaterra y Rusia. De ellas 9 ó 10 pertenecen á los sáurios, correspondientes á las familias de los lacertídeos y labirintodontídeos; estos empiezan en el terreno carbonífero y adquieren gran desarrollo en el trias. Describe en la misma obra 43 especies de peces ganoidéos heterocercos, 25 de crustáceos, 3 de anélidos ó gusanos, 5 de cefalópodos, 25 gasterópodos, 40 conchíferos y 30 braquiópodos, equinodermos, zoófitos, etc. Despues enumera las principales plantas que se encuentran en el pérmico, y hecho el exámen comparativo con las faunas y floras de terrenos anteriores y posteriores, deduce la mayor analogía con las del grupo paleozóico, y particularmente con el carbonífero, de donde es fácil deducir que aunque Geinitz adopte el nombre de Dyas, propuesto en 1859 por Julio Marcou, se aparta de este, considerando al pérmico, no ya como la base de los terrenos secundarios asociándolo al trias y formando de los dos lo que él llama dyas, sino mas bien, como el último terreno del grupo paleozóico.

El carácter tumultuoso de esta época, y la escasa vida que la caracteriza, se hallan perfectamente representadas por las figs. 85, 86, 87 y 88.

ESPESOR DEL PÉRMICO.—En el Harz las areniscas rojas del pérmico aparecen levantadas hasta 1,000 metros, máximo desarrollo de este terreno en el centro de Europa. En Heydelberg alcanza 650 metros, mientras que la arenisca de los Vosgos no excede de 500 á 540 metros.

DIVISION.—Segun se indica en el cuadro anterior, el terreno del pérmico se divide en tres horizontes, cuyos nombres revelan el país donde se ha estudiado primero y donde adquiere mayor desarrollo.

Estos horizontes son de abajo arriba: inferior ó del *Rothe todt Liegende*, que significa rojas capas muertas; circunstancia que indica la pobreza en mineral cobrizo y en fósiles de este piso: medio ó del *Kupferschiefer*, pizarra cobriza, cuyo carácter distintivo y mas notable consiste en las numerosas impresiones de peces fósiles que en ellas existen; y superior ó del *Zechstein*, expresion minera alemana, que se aplica á bancos de Dolomias, yesos, pizarras verdes, etc. A estos tres pisos agrega el Sr. Murchison parte de la arenisca pizarrosa y rojiza que otros consideran del trias, llamada del *Bunterchiefer*.

EXTENSION Y DISTRIBUCION.—El terreno pérmico se encuentra muy desarrollado en Europa; en Alemania el país de Mansfeld (Turingia), no solo es clásico por haberse reconocido y estudiado desde muy antiguo, sino que tambien por la explotacion de muchos de los materiales útiles que contiene. En el ducado de Baden se halla en las faldas de la Selva Negra; en Inglaterra existe alrededor de los depósitos carboníferos de Worcester, en el ducado de Salop, en el de York, Cumberland y en el norte de Escocia. En Francia constituye las dos vertientes de los Vosgos,

donde lo representan considerables bancos de la arenisca, que lleva el nombre de la cordillera. El Sr. Coquand ha indicado y descrito en una Memoria inserta en noviembre de 1856 en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, el terreno pérmico, en el departamento del Saona y Loira, y en las montañas de la Serre en el Jura. Pero la region mas vasta ocupada por este terreno es Rusia, donde se le encuentra en el gobierno de Astracan, en el de Saratow, al norte de los montes Urales y Tinans, en los gobiernos de Oremburgo, Simbirk, Permia y en otros, segun Murchison, Verneuil y Keiserling.

Mientras el norte de Europa se ve tan favorecido por este terreno, su parte occidental se halla casi privada de él, así es que á lo menos por ahora, solo el Sr. Pellico en su

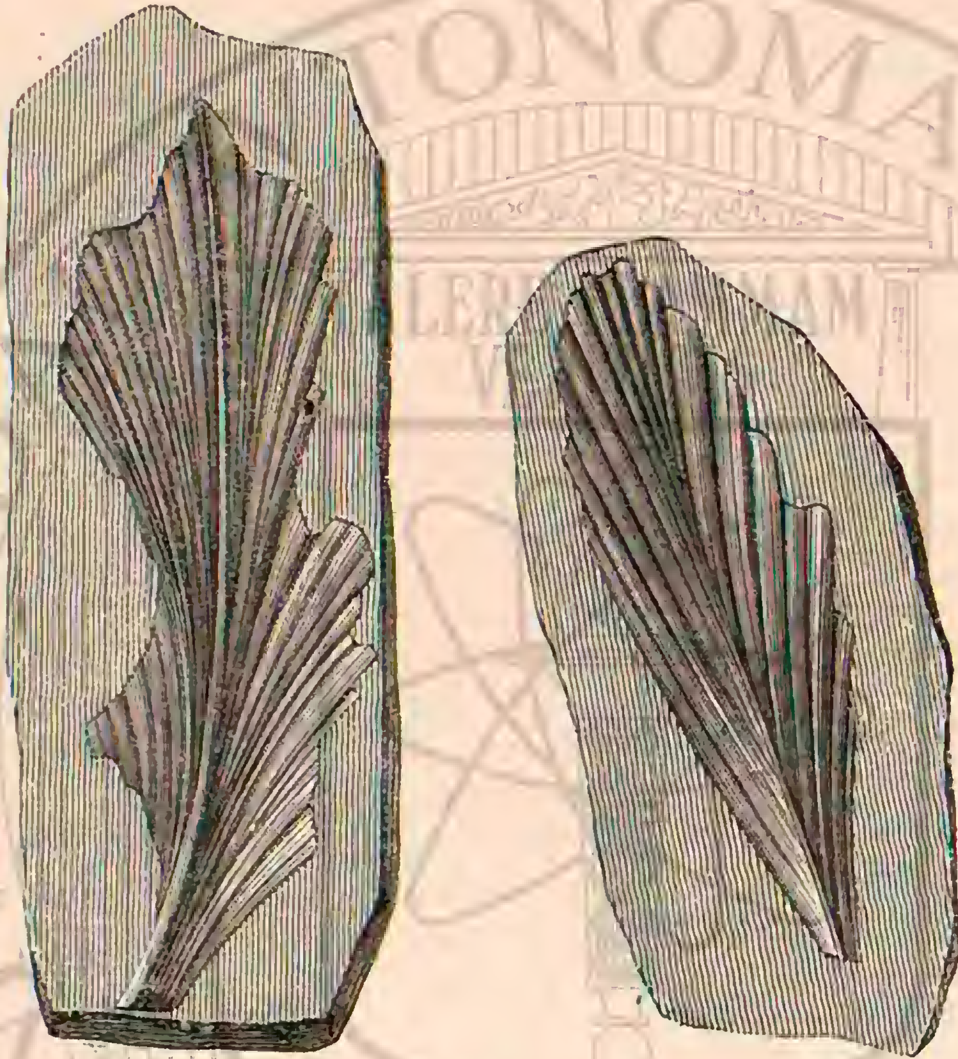


Fig. 85.—Impresiones de la hoja del nœggerathia expansa



Fig. 86.—Walchia Schlotheimii



Fig. 87.—Rama y fructificacion de Walchia hypnoides



Fig. 88.—Productus horridus

Memoria geológica sobre el distrito de Sierra-Almagrera y Murcia, hace mencion de él en la Península, pero de una manera tan vaga, que hasta nuevas indagaciones no puede admitirse la existencia de este terreno. Tambien el Sr. Naranjo lo indica, aunque sin fundarse en datos paleontológicos; de consiguiente, puede admitirse, pero con alguna reserva, cerca de Montiel y en los lagos de Ruidera, donde toma orígen el Guadiana; la famosa Cueva de Montesinos, inmortalizada por la pluma de Miguel de Cervantes, parece hallarse constituida, segun el citado profesor, por la caliza magnésica ó por el *Zechstein* de los alemanes.

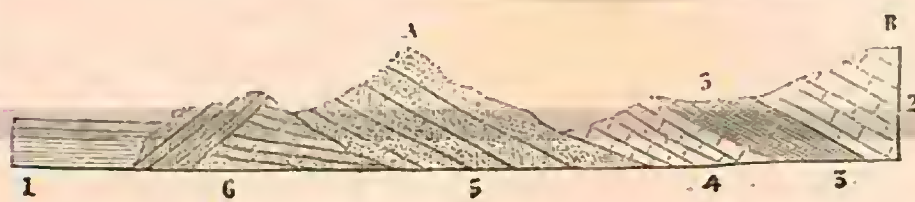


Fig. 89.—Corte del Pico de Ranera (Cuenca)
A, Pico de Ranera B, Collado de Sancho Gil

TRIAS: 1 Terreno terciario y diluvial en capas horizontales.—2 Dolomias.—3 Arcillas y yesos.—4 Caliza dolomítica.—5 Arenisca ferruginoso-micácea (Rodeno).—6 Cuarcita del terreno devónico.

El Sr. Ansted, en una Memoria publicada en el *Boletin de la Sociedad geológica de Lóndres*, dice que las calizas dolomíticas y acaso tambien el grupo de conglomerados y areniscas bastas que se presentan con oscura estratificacion en las cercanías de Málaga, es probable pertenezcan á este terreno. Mr. Jacquot refiere al pérmico lo que otros consideran como horizonte inferior del trias, en la provincia de Cuenca. El Sr. Botella en la expedicion á Granada verificada en 1875, dice haber encontrado este terreno, siquiera la falta de fósiles hace que sea aun problemática su existencia.

MATERIALES ÚTILES.—Supuesto que en la descripcion de este terreno se han dado ya á conocer las principales sustancias que pueden utilizarse, tales como caliza, areniscas, Dolomias, yesos, cobre, hierro, etc., y atendido por otro lado lo problemático de su existencia en España, excusamos entrar en mayores detalles.

En muchos puntos utilízanse las pizarras que abundan en este terreno, para la extraccion del petróleo, del ácido sulfúrico, de la parafina y de otras sustancias menos importantes. Las pizarras son siempre mas ó menos ricas, en petróleo sobre todo, pero entre ellas se distingue una capa de escaso espesor, de estructura compacta mas bien que hojosa, sumamente ligera y con todo el aspecto de madera fósil, á la que los ingleses llaman Voguet, y cuya proporcion en materias bituminosas es tal que compensa con creces la pobreza de muchas pizarras. En las fábricas de destilacion que hemos visitado en Autun hace 15 dias, empiezan por machacar con mazas la pizarra, cuyos pedazos, del tamaño de la mano, colocan en calderas giratorias en hornos de reverbero, pasando luego los productos de la coccion á condensadores de hierro sometidos á chorro de agua fria, luego á depósitos de afinacion donde separan el ácido sulfúrico y la parafina del petróleo, que por último lo hacen pasar por el aparato de refinacion.

TERCER PERIODO.—TERRENOS MESOZÓICOS Ó SECUNDARIOS

DEFINICION.—Con el nombre de terrenos secundarios,

llamados así por representar el segundo gran período de creacion orgánica, se designa una serie de estratos de distinta naturaleza, interpuestos entre los terrenos terciarios, á los que sirven de base en estratificacion discordante, y los llamados *primarios*, sobre los que descansan con frecuencia en discordancia.

Estos terrenos son tal vez los que alcanzan mayor extension superficial y una circunscripcion mas marcadada por el carácter de su fauna y flora respectivas.

La mayor parte de los geólogos están hoy dia acordes en separar este gran período en tres terrenos, que de abajo arriba son: triásico, jurásico y cretáceo. Fúndanse en los accidentes estratigráficos determinados por los levantamientos del Thuringerwald, de la Côte d'Or y del Monte Pilas, y por el carácter peculiar que ofrecen los grupos de animales y plantas fósiles que contienen.

TERRENO TRIÁSICO

SINONIMIA.—Terreno keúprico de varios autores.—

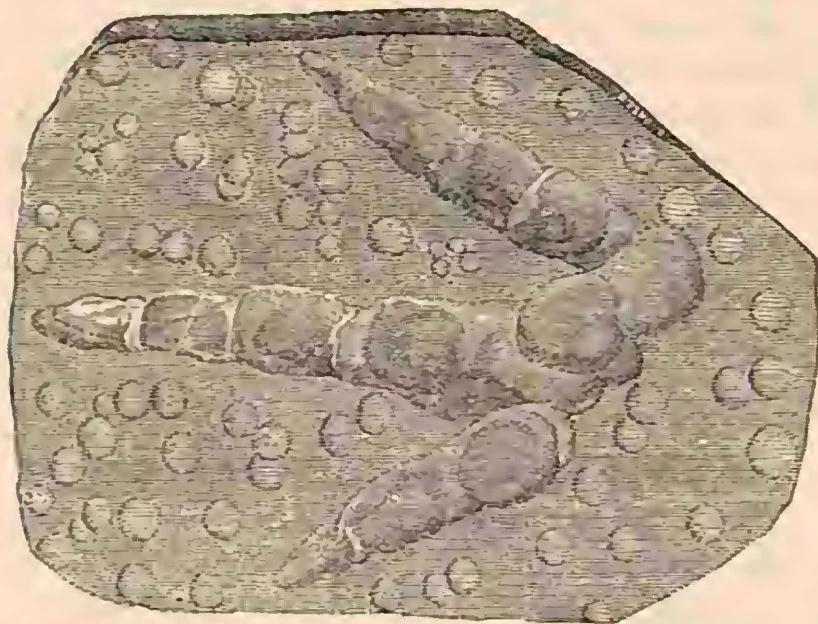


Fig. 90.—Huellas de un animal corpulento con señales de gotas de lluvia





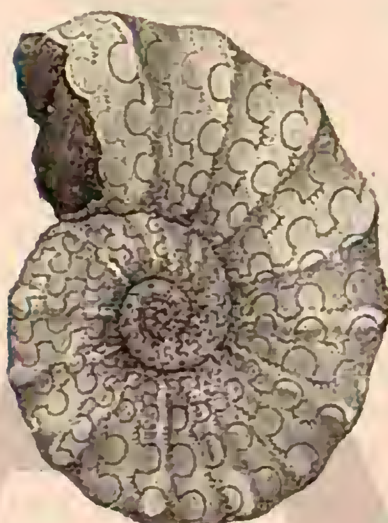


Fig. 91.—Ceratites nodosus





Fig. 92.—Myophoria lineata

Fig. 93.—Encrinus moniliformis

Fig. 94.—Huellas de animales en el terreno triásico

La mayor parte del grupo de la arenisca roja, Delabeche.—Grupo de la arenisca roja moderna, Lyell, última edicion.—Grupo poikilítico, Conybear y Buckland.—Parte de la formacion de la arenisca abigarrada de Boué.—Formacion triásica, parte del período salino-magnesífero, Cordier.—Terreno keúprico de Omalius.—Pisos salífero y conchífero, D'Orbigny.—Parte del terreno de los Vosgos, Rozet.—Terrenos izemínico-abísicos del keuper, abísico-conchíferos y abísico-pecílicos, Brong.

DEFINICION Y CARÁCTER MINERALÓGICO.—El terreno triásico ó del trias, así llamado en 1834 por Alberti, por haber observado que en la Suabia se compone, en general, de tres pisos ó series de estratos, caracterizado cada uno por rocas especiales, forma la base de los secundarios, colocado entre los sistemas del Thuringerwald y del Rhin, que lo separan, aquel del terreno jurásico, y este de los comprendidos en la serie paleozóica. En el corte del pico de Ranera (fig. 89), trazado por Verneuil, al paso que se nota la composicion, puede comprenderse su posicion entre el terreno terciario y el devónico.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—Los sistemas del Rhin y Thuringerwald lo aislan por abajo de los paleozóicos, y por arriba de su inmediato superior el jurásico. Durante la sedimentacion de sus materiales, no se verificó al parecer ninguno de esos grandes levantamientos que determinan las divisiones estratigráficas que en otros hemos visto; sin embargo, no dejaron de experimentar los efectos de la aparicion de ciertas sustancias eruptivas, y en especial de las rocas porfido-magnésicas, como lo acredita la dislocacion que en muchos puntos ofrecen sus materiales, y tambien el estado metamórfico de la Dolomia, del yeso y de la sal comun, que, con bastante fundamento, se atribuye á la aparicion de aquellas.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Entre los muchos restos orgánicos que encierra el trias en sus estratos, puede decirse que los que mas lo caracterizan son los del microlestes antiquus, representante por ahora de la primera aparicion de los mamíferos. El descubrimiento de este curioso animal se debe al Sr. Plieninger, quien dió noticia del suceso en 1874. Los restos encontrados hasta el dia son unos dientes molares (1). El horizonte en que se observaron por primera vez, es una brecha silícea, situada entre la arenisca inferior del lias y el keuper en Diegerloch, cerca de Stuttgart (Wurtemberg).

Además de este hecho paleontológico curiosísimo, que no

(1) En 1864 tuve el gusto de ver en la coleccion del autor, en Stuttgart, tan curiosos restos.

podia menos de citar atendida su importancia, ofrece el trias otros del mismo órden, que no le ceden en interés. Entre ellos debe mencionarse el descubrimiento en los Estados-Unidos de impresiones de piés, que se cree poderlas referir á una especie de ave tridáctila, y el de huellas ó vestigios de piés de tortugas y de un sér curioso, que segun todas las probabilidades, es un gran batracio, ó por lo menos, representante de un tipo intermedio entre los crocodilos y las ranas. Las impresiones de este último, que lleva los nombres de Cheirotherium y Labyrinthodon, se han encontrado en Hesseberg (Sajonia), en el Wurtemberg y en otros puntos de Alemania, y en Inglaterra, en Storton Hill, no léjos de Liverpool.

Otros grandes reptiles, como el chyrosaurus, rhynchosaurus, nothosaurus, y además varios peces, caracterizan igualmente el trias.

Entre los moluscos debe mencionarse la primera aparicion de los ammonites, seccion de los ceratites. Tambien aparece por primera vez en este periodo el género trigonia, que adquiere gran desarrollo en los terrenos jurásico y cretáceo; el género plicatula y otros: entre los equinodermos, los pentacrinus. La trigonia vulgaris, la posidonia minuta, la myophoria linneata y particularmente la avicula socialis, son esencialmente características del trias.

La vegetacion de este período ofrece un carácter de transicion muy notable, conservándose aun formas de los terrenos primarios, como los neuropteris entre los helechos; apareciendo ya muchas plantas dicotiledóneas gymnospermas, que se presentan en él por primera vez.

Resumiendo todo lo dicho acerca del carácter paleontológico del trias, puede establecerse que en general el piso superior, ó sea el keuper, está caracterizado por la presencia del microlestes, del nothosaurus y rhyncosaurus, de los peces sauritchthys y gyrolepi, y bastantes plantas equisetáceas, cicadeas y coníferas, muy parecidas á las del lias y de la oolita inferior. El muschelkalk se distingue particularmente por el gran número de moluscos, de crinoideos y radiarios que contiene. Por último, el piso inferior ó de las areniscas abigarradas, contiene los pasos de tortugas, del labyrinthodon y de aves, y bastantes helechos, cicadeas y coníferas, particularmente varias del género voltzia (figs. 90, 91, 92, 93 y 94).

ESPESOR.—Sumando las alturas que alcanza este terreno en los diferentes puntos que se ha observado hasta el dia, se ve que representa un período bastante largo de la historia del globo, pues llega su espesor á mas de 1,000 metros. Omalius dice que en la Selva Negra el pico del Hornisgrind, formado por el trias, tiene 1,170 metros de altura.

DIVISION. — Los geólogos están acordes en admitir la division establecida en este terreno por Alberti en 1834, en tres pisos, que de abajo arriba son: inferior, de la arenisca roja abigarrada ó del Bunter-Sanstein; medio ó muschelkalk (caliza conchífera) y tambien de encrinites y ceratites, y superior, keuper ó de las margas y mejor arcillas irisadas.

EXTENSION Y DISTRIBUCION GEOGRÁFICA.—El trias se encuentra muy desarrollado en varios puntos de Europa y en ambas Américas. En la Suabia, que es donde se presenta con toda su admirable regularidad, ocupa gran parte de esta comarca, apoyándose al oeste en las montañas de la Selva Negra y del Oderwald, y perdiéndose hácia el este debajo del terreno jurásico del Rauhe-Alp. Tambien se observa con caractéres muy curiosos, segun diremos mas adelante en los alrededores de Stuttgart y en muchos otros puntos de Alemania, el Tirol, Bohemia, la Moravia, Rusia, etc.

En Francia se ve en los Pirineos; en la Lorena, donde está muy desarrollado el piso del muschelkalk, en las dos vertientes de los Vosgos y en Normandía. En Inglaterra ocupa una faja que se extiende del sur al norte hasta Irlanda y Escocia, representado por el piso superior, que constituyen las pizarras y areniscas yesosas y salíferas, y por el inferior ó de la arenisca y conglomerado cuarzoso, de color rojizo. El muschelkalk falta en el Reino-Unido, segun Lyell.

En la Peninsula el trias, además del gran desarrollo que adquiere, así en superficie como en altura, y de las masas de sal que contiene y se explotan, ofrece una particularidad muy notable, cual es la de verse con frecuencia sus estratos alterados y dislocados profundamente por materiales ó rocas plutónicas, particularmente por la diorita.

El Sr. Verneuil indica, entre otras, las localidades siguientes: Cehegin, cuyo trias contiene hierro magnético y diorita; Cieza, donde las margas del keuper se ven atravesadas por diorita; la Sierra del Lloro, en la que el trias está rodeado

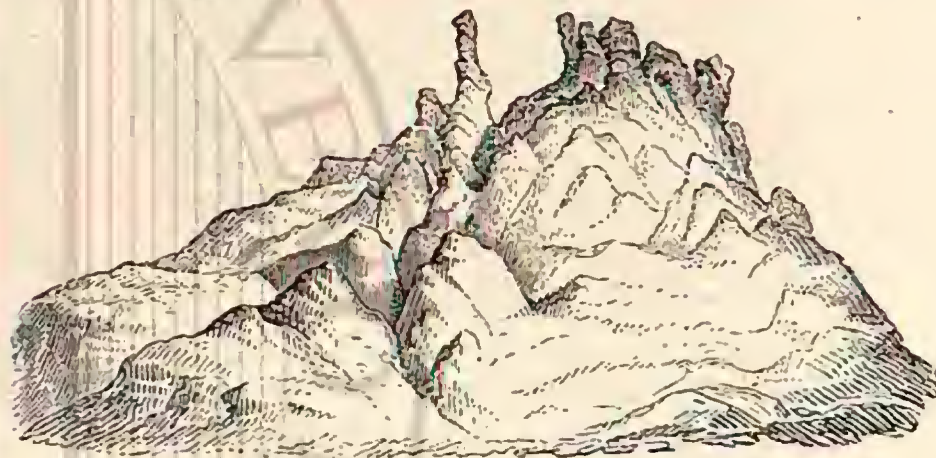


Fig. 95.—Agujas de Santa Agueda, Desierto de las Palmas

por el nummulítico y alterado por la misma roca; en la Loma negra, cerca de Miravet (Tarragona), la roca al parecer es una eurita ó meláfido. Las que este geólogo cita en Segorbe, Cirat y Manzanera, las he visto extenderse al trias de Sarrion, en el barranco de los Judíos y al otro lado de la Sierra Camarena ó Javalambre: la que constituye las llamadas Peñas negras, entre Charlet y Catadau, ha levantado hasta la vertical, las calizas margosas del muschelkalk, bastante rico en fósiles. En Villel (Teruel) penetra en las capas inferiores de margas y yeso. ¿Podria referirse, al menos en la Península, la presencia en el trias de la sal, del yeso y de las Dolomias, rocas con frecuencia compañeras y de orígen no siempre fácil de apreciar, á estas curiosas erupciones dioríticas?

En España, en los diferentes puntos en que hasta ahora se ha reconocido, en las dos grandes regiones de Andalucía y la Mancha, en el reino de Valencia y Aragon, lo mismo que cuando se presenta en manchones sueltos, como en Santander, el terreno triásico se halla representado por los mismos tres pisos que en Suabia, Francia y Alemania.

El piso poikilítico, pecílico ó de la arenisca abigarrada, ofrece una composicion bastante uniforme en todos los países, y en España en especial está representado por dos órdenes de estratos, el superior empieza por arcillas hojosas de color rojizo y violeta, que suelen pasar por arriba á la caliza del piso medio, y por abajo van cargándose del elemento arenáceo y tomando el aspecto de una especie de samita hojosa micácea, de grano fino, en bancos delgados. Se explota en Portacœli, el Puig y en otros puntos del reino de Valencia, donde se le da el nombre de Ródeno, con destino á las obras del puerto del Grao, á las aceras y empedrado, á cubrir los edificios rurales, y para otros usos. El inferior consta tambien de areniscas cuarzosas, menos micáceas, de grano basto, de estructura maciza, pasando en algunos puntos á un verdadero conglomerado (fig. 96).

Este piso alcanza en algunos puntos gran desarrollo, como en Pina (Castellon), que segun Verneuil, tiene 1388m, y en la capilla de San Miguel (Desierto de las Palmas) 738m.

El piso conchífero ó del muschelkalk tambien está bastante desarrollado en la Península, y lo forman, como se ve en este corte, grandes bancos de caliza dolomítica algo arcillosa, de colores claros blanco, gris ó amarillento; muy inclinados, y á veces completamente verticales, ofreciendo el aspecto de grandes dikes en relacion con rocas eruptivas dioríticas, cuyo color negro ha hecho se dé en el país á la localidad el nombre de *Peñes negres* (Peñas negras). En el citado punto este piso está cubierto por el keuper ó margas irisadas, con masas considerables de yeso en explotacion.

Por último, el superior ó keuper consta de arcillas, Dolomias, yesos y considerables depósitos de sal, cuya existencia se revela á menudo por manantiales salados, que son objeto de ricas explotaciones, y uno de los rasgos mas distintivos de este piso; hasta el punto que algunos autores dan á todo el terreno el epíteto de salífero. Las margas suelen ir acompañadas de areniscas y conglomerados en la parte superior, de yesos y Dolomias en el medio, y de lignito arcilloso, arcilla carbonosa y pizarra caliza en la base ó parte inferior.

El corte abierto desde Alpera á Almansa para el paso del ferro-carril, puede citarse como clásico por la variedad de colores que ofrecen las margas, que bien pueden llamarse allí con propiedad irisadas.

Este piso en general es pobre en fósiles; pero á falta de ellos, la presencia de la sal, de los yesos, algunas veces de la Dolomia, como en el pico de Ranera (Cuenca), de los jacintos de Compostela, y en varios puntos del aragonito, llamado así por haberlo encontrado por primera vez en Molina de Aragon, son suficientes datos para caracterizar este piso. La sal del keuper se explota principalmente en Manuel, Minglanilla, Villena, Fuentes Saladas, Villargordo de Gabriel, Arcos y otros puntos.

Generalmente tambien escasean en España los fósiles en

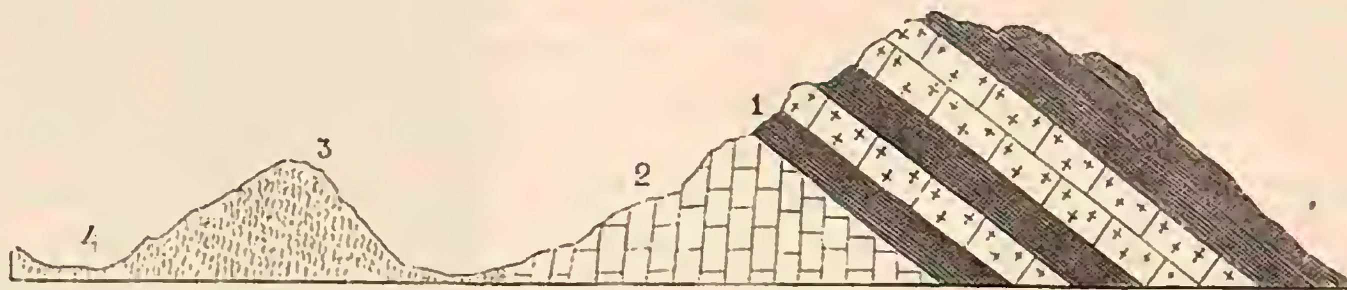


Fig. 96.—Corte geológico del trias entre Carlet y Catadau

1 Arcillas rojizas y verdes del Keuper, con bancos y masas de yeso.—2 Calizas fosilíferas del Muschelkalk, en capas verticales.—3 Dolerita en masa, constituyendo las Peñas negras.—4 Barranco de Carlet

el muschelkalk, á pesar de la riqueza en restos orgánicos que su etimología alemana indica, pues muschel significa concha, y kalk, caliza. Sin embargo, en Hinarejos, Royuela, Mora de Ebro, entre Jalance y Jarafuel, en Bolbayte, entre Tivisa y Belmunt, y en Carlet se han encontrado el ceratites nodosus, la avícula socialis, la myophoria lævigata y curvirostris, y otros característicos.

En Suabia este piso está formado, segun Alberti, de tres órdenes de capas: el superior, compuesto de calizas, que llamó de Friedrichsall por la localidad en que se encuentra; el medio, de yeso anhidro ó karstenia, asociado de sus compañeros el yeso comun, la Dolomia y la sal; y el inferior, de bancos de calizas alternando con otros de margas, afectando una estratificacion ondulada en SS ó ZZ, de donde procede el nombre de Wellen-kalk que lleva, pues en aleman welle significa onda.

FORMAS Y ACCIDENTES DEL TERRENO.—Las formas y accidentes que ofrece este terreno, están en relacion con el piso que predomina: así es que las arcillas del keuper forman colinas de escasa elevacion, redondas, coronadas de mesetas y asurcadas por profundos barrancos. El muschelkalk y ródeno, presentándose en general en capas muy inclinadas, y hasta completamente verticales, prueba evidente de las dislocaciones que han sufrido, imprimen las formas mas caprichosas á las montañas, las cuales ostentan cimas agudas y cortadas profundamente, como se ve en la Sierra de Espadan, y sobre todo en las Agujas de Santa Agueda (Castellon), cuyo dibujo copiamos de la Memoria del Sr. Botella. La desigual descomposicion de sus varios elementos produce estos resultados, á los que si se agrega la coloracion, generalmente rojiza, de las montañas, tendremos lo suficiente para distinguir y reconocer, aun á larga distancia, la existencia de este terreno (fig. 95).

Los antiguos supieron sacar partido de los accidentes orográficos de este terreno, construyendo fortalezas, que podian considerarse como inexpugnables, atendidos los medios de que disponia entonces el arte militar. Los castillos de Moya, Hinarejos, Boniches, Ayora, Almansa y otros, son buen ejemplo de lo que acabamos de indicar.

MATERIALES ÚTILES DEL TRIAS. — La descripcion que acabamos de trazar de los diferentes elementos calizo, margoso, ó mejor arcilloso y arenáceo, que son por decirlo así, esenciales á la composicion del trias, nos da ya una idea de los materiales útiles que proporciona este terreno. Además, las rocas eruptivas, que con tanta frecuencia se encuentran relacionadas con este terreno, pueden emplearse como piedras de adorno en la construccion cuando se hallan intactas, al paso que los detritus de su descomposicion suministran excelentes tierras vegetales. Por último, la sal, el yeso, el carbon seco ó estipita, y alguna que otra sustancia metálica que se encuentran accidentalmente en el trias, dan á este terreno gran valor industrial.

Antes de proceder á la descripcion del terreno jurásico, conviene que digamos algo sobre un horizonte geológico intermedio, ó como quieren otros, de tránsito, entre aquel y el triásico que acabamos de explicar; horizonte que ha motivado durante los últimos años empeñadas discusiones, reproducidas en la reunion extraordinaria de la Sociedad geológica de Francia, celebrada en Chalons sobre el Sena, y en Autun del 24 al 31 del último agosto, á la que he tenido el gusto de asistir en compañía de mi hermano D. José y de otro ingeniero de Minas, el Sr. Mallada, bien conocido por su Sinopsis de los fósiles característicos de los terrenos de España, inserto en el Boletin de la Comision del mapa. Al representante de este singular piso geológico lo llamó ya Gumbel en 1861 *rético*, por hallarse bien representada esta parte, que consideraba como el coronamiento del trias, en los Alpes réticos ó retienses; posteriormente se ha discutido mucho acerca de la verdadera posicion de los materiales que lo representan, designados tambien con el nombre de

zona de la *avicula contorta*, por ser esta el fósil mas característico, considerándola algunos como la base del lias, y no pocos como terreno independiente; la singular composicion mineral y orgánica que ofrece este depósito y sus relaciones estratigráficas, cuando la serie está completa con las margas irisadas en unos puntos, y con lo que impropiamente llamó Leymerie infralias en otros, explican plausiblemente la diversidad de opiniones entre los hombres mas competentes de Europa. Con efecto, en Inglaterra, por ejemplo, donde está muy desarrollado, existe entre las margas del keuper, y lo que llaman lias blanco, una serie de veintinueve capas de pizarras negras, calizas azules y de otros colores casi siempre arcillosas, areniscas algo micáceas, arcillas negras duras con gran número de fósiles, entre los que figuran en la base la avicula contorta, natica Oppeli y muchos restos de peces, y en la parte superior el cardium rhœticum, pecten valoniensis, la avicula contorta y otros.

El descubrimiento hecho en Watchet (Somerset) por Dawkins de un premolar de mamífero, probablemente de la familia de los kanguros, el *hypsiprimnopsis rhœticus*, quilata la importancia de este horizonte en el Reino Unido, cuyos geólogos, siguiendo en su mayor parte la opinion de Agassiz, fundada en la presencia en la capa dicha *bone-bed* del gyrolepis tenuistriatus, y del saurichthys acuminatus, que consideraba como exclusivamente triásicas, colocan la zona en cuestion en la cima del trias. Lyell decia ya en 1857 que la capa donde se encontró, en Suabia, el microlestes, á la que comparaba Suess, de Viena, los materiales de Koessen, contiene verdaderas especies triásicas, circunstancia que convenia no olvidaran los que la quieren referir al jurásico.

En la Alemania del Norte el depósito en litigio se continúa sin discordancia, desde las margas irisadas del keuper hasta el horizonte francamente liásico de la ostrea arcuata, hallándose representado por varios grupos de estratos de arcillas azules y arenas amarillentas, cubriendo las areniscas pizarreñas y calizas arcilloso-arenáceas con el am. angulatus, am. Hagenowii, lima gigantea, varias cardinias y la ostrea irregularis; siguen mas abajo arcillas gris azuladas con concreciones ferruginosas, llevando asteria lombricalis y calamites arenáceas y bivalvas indeterminadas; por último, cierran la serie areniscas, relacionadas, segun Strombek, con las margas irisadas. La desaparicion de todas las especies del keuper y la presencia de muchas que se continúan y desarrollan en el lias, inclinan el ánimo de no pocos geólogos de aquella parte de Europa á colocar en la base del jurásico este horizonte, que Schlombach considera como independiente, estableciendo el lazo de union entre el keuper y el lias.

En Austria, Baviera y toda la Alemania del sur, en Suiza, Italia y Francia hállase tambien muy desarrollado este horizonte; observándose, en cuanto á la composicion mineral, el predominio del elemento arenáceo y arcilloso silíceo en Francia, Bélgica y el norte de Alemania, al paso que en Inglaterra, en Italia y en la mayor parte de las comarcas alpinas su materia es mas bien margoso-caliza y pizarreña, siempre en relacion con la composicion de los terrenos inmediatos. En cuanto al carácter estratigráfico, si se exceptúan muy pocos casos de discordancia, puede decirse que se continúan desde el trias hasta el liásico inferior sin accidentes notables. Por último, bajo el punto de vista orgánico, la fauna en especial, aunque representada por especies triásicas que van á desaparecer y por liásicas que empiezan á existir, parece afectar de preferencia este último carácter, supuesto que cincuenta y ocho especies aparecen y pasan mas arriba, al paso que en la zona de avicula concluyen diez y seis del triásico: presenta, no obstante, este horizonte un conjunto de organismos especial que no permite confundirlo ni con el uno ni con el otro, sirviendo, por decirlo así, de tránsito ó de lazo entre ambos: debe, por consiguiente, considerarse como un nuevo terreno, si bien mas análogo con el jurásico, cuya base puede representar segun la opinion hoy mas generalizada.

La empeñada discusion del minucioso estudio de este horizonte y de otros que mas adelante se darán á conocer, prueba la circunspeccion con que debe procederse en las exploraciones geológicas y el valor siempre relativo que debe darse á las divisiones de los terrenos como representantes de las épocas en que se distribuye la historia terrestre, mas bien para facilitar el estudio que, como unidades reales é independientes, bien discernibles en la naturaleza.

TERRENO JURÁSICO

SINÓNIMIA.—Terreno jurásico de la mayor parte de los geólogos.—Jurakalk y Oolitenkalk de los alemanes.—Tercera caliza secundaria de Boué.—Parte de los terrenos secundarios de Werner.—Grupo oolítico, Delabeche.—Grupo jurásico y terreno oolítico, Lyell.—Parte de los terrenos amoníticos de algunas ediciones de Omalius.

HISTORIA.—Al terreno en cuya descripcion vamos á ocuparnos llaman oolítico los geólogos ingleses, por el gran desarrollo que en él adquieren en la Gran Bretaña las calizas oolíticas; pero en general se prefiere la denominacion de jurásico, deducida de la cordillera del Jura, por hallarse en ella muy desarrollado, y por ser uno de los puntos donde por primera vez se reconoció su verdadera posicion geognóstica y cronológica.

DEFINICION.—Llámase terreno jurásico al conjunto de materiales, así inorgánicos como orgánicos, depositados entre el levantamiento del Thuringerwald y el de la Costa de Oro, cuyos caracteres son:

CARÁCTER MINERALÓGICO.—Bastante difícil es designar el carácter mineralógico del terreno jurásico, á no limitarse á decir que está compuesto de calizas mas ó menos compactas ú oolíticas, alternando con capas de margas, arcillas, raras veces areniscas, con algun banco ó depósito subordinado de hierro pisolítico y lignito. En la Península, algunas calizas son silíceas, y llevan además nódulos de pedernal en su masa. La abundante variedad de oolitas calizas ó ferruginosas que ofrece, hace se le llame oolítico, á pesar de que en muchos puntos esta estructura no se presenta, y las rocas son compactas ó margosas.

Entre las rocas plutónicas contemporáneas ó posteriores á este terreno, y cuya salida determinó la dislocacion y demás accidentes estratigráficos y metamórficos de sus materiales, los mas notables son los pórfidos piroxénicos y granitoidéos, los ofitos, las serpentinas, algun granito y las sienitas.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—Los límites estratigráficos de este terreno son: por abajo el levantamiento del Thuringerwald, que lo aisla del triásico, sobre el que con frecuencia descansa en estratificacion discordante; por arriba recibe en condiciones análogas á la parte inferior del cretáceo, efecto sin duda de la intercalacion del de la Costa de Oro.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—El terreno jurásico se distingue por ser el de la primera aparicion de los mamíferos didelfos; por el gran desarrollo de los reptiles de gran tamaño y de formas extraordinarias, y por el considerable número de especies de ammonites y belemnites. Entre los vegetales los mas notables son: las araucarias, zamias, colas de caballo, algunas tuyas y helechos.

ESPESOR.—En algunos puntos el jurásico alcanza mas

de 2,000 metros en sentido vertical, pudiendo citar, entre otros ejemplos de la Península, Javalambre, junto á Sarrion (Teruel).

Distribucion geográfica.—El terreno jurásico ocupa bastante extension geográfica en Europa. En Francia forma una especie de faja alrededor de las cuencas terciaria y cretácea, pirenáica, mediterránea y anglo-parisiense. Esta última se extiende á través del Canal de la Mancha hasta Inglaterra, donde se halla muy desarrollada, y constituye una zona de 48 kilómetros á lo menos, entre el condado de York y el de Dorset, estableciendo el límite tambien de la cuenca cretácea.

Parte de la zona mediterránea constituye, por un lado, la cordillera del Jura y se extiende hasta los Vosgos, y por otro penetra en los Alpes, donde adquiere gran desarrollo en superficie y altura.

En Italia el terreno jurásico ocupa en muchos puntos el eje central de los Apeninos, como se ve en Asís, Cesi, Terni,

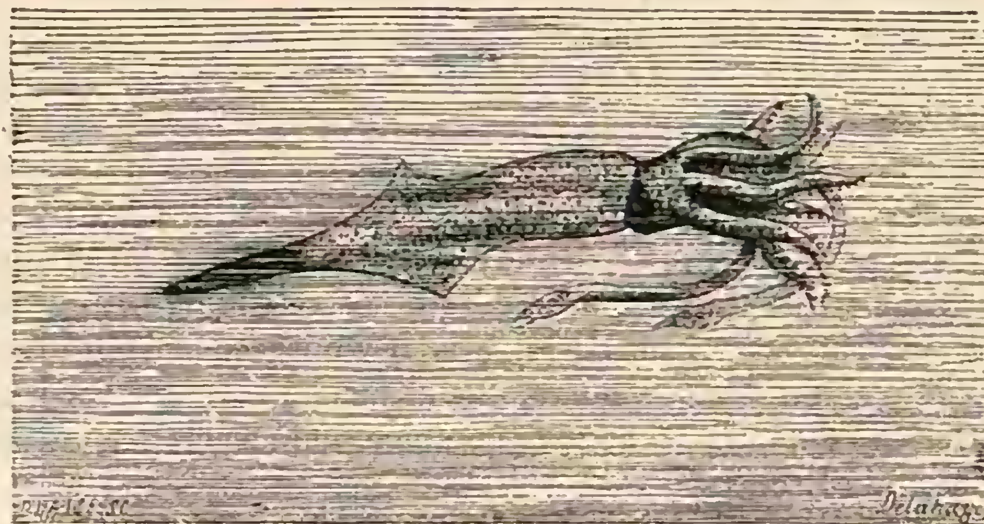


Fig. 97.—Belemnites restaurado



Fig. 98. — Ammonites bullatus



Fig. 99. — Ammonites Brongniarti



Fig. 100.—Pentacrinus fasciculosus

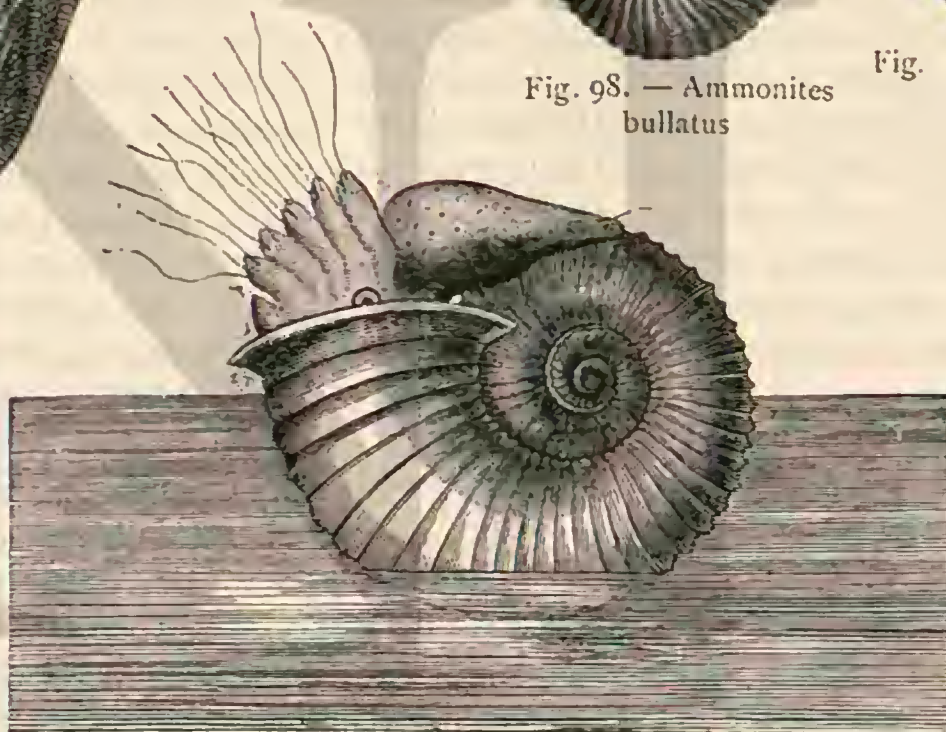


Fig. 101.—Ammonites restaurado



Fig. 102.—Terebratula subsella

Monticeli, cerca de Roma, etc.; en otros forma parte de sus estribos, como en las famosas canteras de Carrara, que por sí solas bastarian á darle importancia.

Por último, en España este terreno ocupa muchísima menos extension que el cretáceo, presentándose mas bien en puntos aislados que en grandes depósitos.

Division.—Segun la clasificacion adoptada, dividiremos este terreno, mas bien por conveniencia que por caracteres estratigráficos, pues no se conoce hasta ahora ningun levantamiento que haya interrumpido la formacion de sus estratos, en cuatro pisos, y son: 1.° liásico; 2.° bathónico; 3.° oxfórdico y 4.° portlándico; denominaciones de orígen inglés, por ser la Gran Bretaña donde se les asignó primero la posicion respectiva y caracteres propios.

Piso primero.—*Liásico*

Definicion.—Este piso, que algunos, siguiendo á Lyell, separan del jurásico, dándole el carácter de terreno independiente, corresponde á los pisos toárcico, liásico y sinemúrico de D'Orbigny; ocupa la base del terreno jurásico, descansando en estratificacion discordante, cuando la serie no está interrumpida, sobre el trias, del que lo separa el levantamiento del Thuringerwald.

Caracter mineralógico.—La composicion mineralógica del lias ofrece de notable el gran desarrollo de las margas y arcillas de colores oscuros, pardas, azules ó casi negras, que comunican á las canteras un aspecto singular. La estructura de las rocas es pizarrosa, presentándose tambien en grandes depósitos; alternando con alguna capa de caliza, comunmente arcillosa. En algunos puntos, como en las cercanías de Delemont (Suiza), se presentan intercalados en los estratos de este terreno algunos nódulos de marga endurecida, que participan del carácter arcilloso del terreno, con la particularidad de contener en su interior bellas cristalizaciones de sulfato de estronciana. He recogido en dicho punto algunos de estos nódulos del tamaño de la cabeza y aun mayores.

Tal es la composicion, en general, de este terreno, y la del de España en los varios puntos en que se ha encontrado, como en Albarracin, las Majadas (Cuenca), Anchuela, Villar del Cobo, Guadalaviar, Prados Redondos, Brieva de Juarros, Griegos, Torremocha, Concha, Sarrion, etc. En unas localidades este terreno constituye mesetas muy estériles, como las de Tierras muertas entre Uña y Valdemoro; en otras se eleva á grande altura, formando la falda de montes muy elevados, como la Sierra Camarena, por ejemplo.

En Inglaterra, donde se ha estudiado mejor este terreno, ha recibido el nombre que lleva, voz provincial corrompida de Layer (banco ó lecho).

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—Este piso, y parte del anterior, se presenta, por lo comun, en capas ó lechos bastante regulares, excepto en un distrito de la Tarantesia (Saboya), comprendido entre el Collado de Petit Cœur, Chardonnet y Encombres, donde ofrece una inversion tal en sus estratos, que segun consta de las observaciones de Elie de Beaumont, Sismonda, Favre, Studer y mias, se halla infrapuesto al terreno carbonífero, que es mucho mas antiguo. Este hecho tan curioso, aunque no único, pues en el terreno cretáceo de Leon y Palencia existe un caso análogo, segun Prado, ha originado serias discusiones desde que por primera vez lo anunció el ilustre Elie de Beaumont en los *Anales de Ciencias naturales de Paris* en 1828. Este geólogo, fundado en la determinacion de las plantas hecha por Brongniart, emitió y sostiene aun, que este hecho significa que la flora carbonífera ha vivido hasta en el período jurásico inclusive. Este parecer ha sido adoptado por el distinguido Sismonda (Angelo) de Turin, el cual en confirmacion dijo haber encontrado en el mismo fragmento de roca un belemnites liásico, y un helecho de la época carbonífera. A ser esto cierto, resolveria la cuestion en este sentido: pero es el caso que, reconocido en 1850 el ejemplar que poseia el abate Chamusset de Chambery (Saboya), vimos el profesor Studer, de Berna, y el autor de este Compendio, que el pretendido helecho era un fucus, planta que se encuentra fósil desde el período jurásico, y aun mas allá hasta el terciario inclusive.

En 1861, la Sociedad Geológica de Francia, deseosa de poner término á una discusion tan larga y enojosa, acordó celebrar en Saboya la reunion extraordinaria anual, y aunque privada del poderoso concurso de Elie de Beaumont, de Sismonda y de los pocos que aun sostienen la idea de aquel, tras de un minucioso y detenido exámen de la localidad, que dió por resultado ver al terreno carbonífero encima, no solo del jurásico sino hasta del terciario inferior ó numulítico, reconoció como verdadera causa de esta inversion total las profundas y repetidas dislocaciones que ha experimentado la comarca, por efecto de la salida de las muchas rocas plutónicas que en ella existen.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—El lias ofrece por carácter paleontológico ser el de la primera aparicion de los belemnites, de las sepias y calamares, que se presentan algunas veces, con la bolsa y la tinta en ella contenida, en estado fósil. Esta circunstancia y el desarrollo de los reptiles de formas extraordinarias, entre los cuales los ichtyosauros, teleosauros y plesyosauros son los mas notables; el número considerable de peces de muchas nadaderas y de otros séres representados en las figs. de la pag. 345, constituyen el carácter orgánico distintivo de este terreno. La abundancia con que se presenta en el lias la ostrea arcuata, ha hecho que por algunos se diera á todo el piso este epíteto; otros le dan el nombre de arcillas de belemnites, por lo numerosos que se presentan estos séres. El lias es tambien notable por constituir el límite superior de los braquiópodos llamados espirifer y leptena. De aquellos ha contado Davidson hasta nueve especies en el lias, siendo el spirifer Walcotii el mas característico del piso inferior; en cuanto á las leptenas, el señor Deslongchamps las ha indicado en el lias de Curcy (Normandía).

Entre las plantas, dejando aparte las que equivocadamente consideran algunos como liásicas, y que en rigor pertenecen al período carbonífero, el lias ofrece varias especies de Zamias, Nilssonias, bastantes coníferas y algunos helechos, entre los cuales los hemitelites y cycadites son los mas característicos.

Para formarse una idea de los séres mas notables que caracterizan este horizonte inferior del jurásico, véanse las figs. 97, 100, 101, 104, 107 y 108.

DIVISION.—El lias divídese comunmente en tres pisos ú órdenes de estratos, que se llaman inferior, medio y superior; equivalentes á los llamados por D'Orbigny, sinemúrico, por hallarse desarrollado en los alrededores de Sémur (*Sinemurium* de los latinos), liásico por excelencia, y toárcico, derivado de Petit Thouars (*Toharcium* de los latinos), en cuyas cercanías se halla bien representado este piso, en cuya descripcion detallada no entramos por brevedad.

LIAS ESPAÑOL.—En España se encuentra el lias bien caracterizado; en Baena y en la Sierra de Antequera, que se extiende por Ronda hácia Gibraltar, por la caliza roja amonitífera, parecida á la de Italia, mientras que en Aragon, en los puntos ya indicados, y en otros de Guipúzcoa y señorío de Vizcaya, segun el señor Collette y Verneuil, está formado de bancos de caliza compacta y de arcillas de colores oscuros. El señor Verneuil, á quien tanto debe la Geología española, cita el collado del Horno de la Hava, cerca de Orta, como localidad curiosa para el lias, pues dice que se halla rodeado de calizas dolomíticas y de margas yesosas, y atravesado por una eurita verdosa.

No deja de ser tambien digno de atencion el hecho citado por este eminente geólogo, de que el lias en la Península solo se halla representado por los pisos superior y medio; el inferior escasea sobremanera; sin embargo, en Torrevelilla (Teruel) lo he visto bien representado (1).

Algunas veces ofrece tambien una mezcla curiosa de fósiles de ambos pisos, como sucede, segun Haime, cerca de Soller (Mallorca), en el collado de la Muleta, y en varios puntos de Aragon.

FORMAS Y MATERIALES ÚTILES.—Las formas y accidentes de este terreno, y sus condiciones agrícolas, verdadero corolario de aquellas, naturalmente han de variar con la naturaleza de sus materiales: casi otro tanto puede decirse respecto de las sustancias útiles que proporciona.

Las calizas ordinarias, como materiales de construccion: las blancas sacaroidéas, para la estatuaria; las de colores, como mármoles, y algunas que pueden servir perfectamente de piedras litográficas, dan bastante importancia á este terreno, en el que tambien son comunes las arcillas, que suministran cales hidráulicas excelentes.

Entre los metales, el mas abundante como objeto de explotacion es el hierro, ora en piritas impregnando las margas, que desecadas se emplean como abono excelente, ora en estado de óxido hidratado en masas fibrosas de muy buena calidad.

La descomposicion de las piritas suministra: primero, las caparrosas ó sulfatos de hierro; y despues el alumbre, combinándose con la potasa y la alúmina de las margas, que se explota en el piso superior de este terreno, en varios puntos de Inglaterra.

---

(1) Consúltese mi Memoria geognóstico-agrícola sobre dicha provincia.

Los famosos criaderos de calamina de Santander, en término de Potes, Cabezon, Selix, Udías y Comillas, arman, segun el Sr. Naranjo, en una Memoria publicada en la *Revista minera* en 1855, en el horizonte de la *Ostrea cymbium* y del *Ammonites margaritatùs*. La matriz del mineral es la Dolomia celular (vulgo cayuela) y la caliza blanca compacta.

El cobre carbonatado y gris y la galena se encuentran igualmente en él, aunque en escasa cantidad. No sucede lo mismo con el mercurio nativo y el cinabrio, que se encuentran en este terreno en abundancia y se explotan en varios puntos de la Baviera, Tirol é Italia, y muy particularmente en Idria (Iliria, Austria), de donde se extraen 10,000 quintales al año.

PISO SEGUNDO—*Bathónico*

DEFINICION.—Este horizonte, que comprende el Cornbrash y forestmarble, la grande oolita, el fuller's earth y la oolita inferior de Lyell, y los pisos bathónico y bayócico de D'Orbigny, debe el nombre que lleva al gran desarrollo que ofrece en los alrededoıes de Bath (Inglaterra) punto clásico para su estudio.

CARÁCTER MINERALÓGICO Y DIVISION.—En Inglaterra, donde este terreno ofrece el máximum de complicacion y de desarrollo, consta de los elementos indicados en la figura 103.

Este piso se divide en dos órdenes de capas, conocido el superior con el nombre de grande oolita ó de Bath propiamente dicha, y con el de Bayeux el otro, de donde procede la denominacion de bayócico que D'Orbigny le ha dado en su Paleontologia estratigráfica.

OOLITA INFERIOR.—La oolita inferior se halla representada en Inglaterra por capas poco espesas de una caliza oolítica, que se destina á la construccion, descansando á veces sobre bancos de arenas amarillas, que suelen reemplazar al elemento calizo.

En Francia, y particularmente en la Normondía, este piso lo constituyen gruesas capas de una caliza oolítica ferruginosa, que se explota para la extraccion del hierro, muy rica en fósiles. He visitado las dos localidades clásicas de dicha region, Moutiers y Bayeux, y recogido soberbios ejemplares de ammonites, pleurotomarias, astartes limas, y otros, característicos de este piso.

Las formaciones indicadas hasta aquí en los diversos pisos del terreno jurásico, son en casi todos los puntos de Europa marinas. Sin embargo, el Sr. Marcel de Serres, en una importante memoria publicada en el *Boletin de la Sociedad Geológica de Francia* en noviembre de 1858 acerca del criadero de la ulla seca ó estipita jurásica de la meseta de Larzac (Gard), ha demostrado la existencia de varios depósitos lacustres conteniendo unios, paludinas y melanias, intercalados en la oolita inferior y en el lias en formaciones marinas. Un hecho análogo cita el Sr. Archiac en el jurásico inferior de la India central, formacion que, segun este distinguido geólogo, contiene diamantes en su parte superior y carbon mineral en la base; Lyell dice tambien que en las pizarras carbonosas de la costa de Whitby, en las que se han encontrada varias plantas, como el equisetum columnare, cicadeas y calamites en la grande oolita, descubrió el señor Reau algunas estherias y unios, conchas esencialmente lacustres.

GRANDE OOLITA.—La grande oolita consta en muchas localidades de Inglaterra de arcillas y areniscas calizas, que forman el cornbrach, pasando por su parte inferior á la caliza arcillosa llamada forest-marble, muy rica en fósiles. En algunos puntos esta caliza se ve reemplazada ó pasa insensiblemente á masas considerables de arcillas, llamadas de Bratford. Así la parte caliza como la arcillosa, se hallan literalmente formadas de fragmentos de zoófitos y de encrinites, sobre todo del apiocrinites rotundus, notándose que se encuentran aun como si estuvieran prendidos al fondo del mar en que vivieron; es de consiguiente, un segundo depósito de coral-rag.

En Francia este sistema ó piso de la grande oolita se halla representado por la caliza de Caen y Ranville (Normandia,) que se emplean en la construccion, y hasta se exportan con igual objeto. En esta roca, blanca ó con un tinte algo sonrosado y de un aspecto agradable, abundan extraordinariamente los zoófitos y los tallos y cálices del apiocrinites citado, y además se encuentra el Amm. arbustigerus, una especie nueva de nautilus, que descubrí en 1851, y muchos otros fósiles característicos.

La grande oolita de Stonesfield (Inglaterra) se halla representada por una caliza conchífera de estructura algun tanto oolítica, dispuesta en masas esferoidales diseminadas en la arena, que ofrece cerca de dos metros de espesor. Esta caliza se ha hecho célebre, no solo por los elitros de ciertos insectos y restos de plesiosauros, crocodilos y pterodáctilos, sino muy particularmente por las mandibulas de verdaderos mamíferos monodelfos y didelfos, pertenecientes á los géneros amphitherium y phascolotherium. El hallazgo de estas piezas esqueléticas, en una época en que no se conocian verdaderos mamíferos anteriores al terreno terciario, llamó mucho la atencion de los geólogos y paleontólogos, que no andaban, al parecer, muy acordes. Primero se dudó fueran de mamíferos, creyéndolas mas bien de reptiles; pero las observaciones posteriores del célebre Owen desvanecieron las dudas dando la razon al gran Cuvier, que desde el primer momento las consideró como pertenecientes á mamíferos marsupiales ó didelfos. Resuelta ya esta cuestion, faltaba decidir si dichos restos pertenecian al terreno de la grande oolita, ó si habian sido depositados despues entre las grietas de las rocas indicadas. Tambien este segundo problema se ha resuelto afirmativamente, ya que segun las observaciones de Lyell, Gaudry y otros geólogos eminentes, no puede dudarse que las mandibulas citadas se encuentran en la roca misma de Stonesfield.

Aunque el descubrimiento del microlestes antiquus hace remontar la primera aparicion de los mamíferos á la parte inferior del lias, no deja de ser muy importante la presencia de estos séres en la grande oolita.

Entre esta y la oolita inferior se encuentra cerca de Bath un depósito de arcilla de bataneros, llamada en inglés Fuller's earth, llena de la ostrea acuminata, que le es característica.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—El carácter paleontológico del piso bathónico consiste principalmente en la presencia de los singulares mamíferos, reptiles é insectos que se encuentran en la oolita de Stonesfield, y en el gran desarrollo que adquieren los ammonites, nautilus, encrinites y zoófitos, etc. (Véanse figs. 98, 99, 106 y 109).

BATHÓNICO ESPAÑOL.—En España este terreno se encuentra en muy pocos puntos, como en Villar del Cobo, alrededores de Albarracin, Anchuela, Guadalaviar, etc.; en todos ellos su composicion es bastante sencilla, representada por bancos de caliza compacta, de colores oscuros, alternando con otros de arcillas y margas. A juzgar por los fósiles que he hallado en Sarrion, se halla tambien este piso representado como en Moutiers y Bayeux, por la oolita ferruginosa ya citada.

MATERIALES ÚTILES.—Prescindiendo de la utilidad de las margas, arcillas, calizas, etc., que en tan gran copia

encierra, por ser las mismas que las de terrenos anteriores, este piso suministra el hierro oolítico, que mezclado con la limonita concrecional, que tambien se encuentra en él, proporciona un hierro excelente. En algunas localidades contiene este piso un combustible que participa del lignito y de la ulla (la estipita), que se explota sobre todo en Inglaterra y Francia. Tambien se benefician ciertas margas impregnadas de sustancias carbonosas, que reducidas á cenizas, se emplean como excelente abono en la Gran Bretaña.

PISO TERCERO—*Oxfórdico*

El horizonte oxfórdico, llamado así por haber sido reconocido y caracterizado por primera vez en los alrededores de la ciudad de Oxford (Inglaterra), corresponde á los pisos del coral-rag oxfórdico y calóvico del señor D'Orbigny. Consta de una porcion de capas, generalmente en estratificacion concordante, dispuestas de arriba abajo en el órden marcado en la fig. 105.

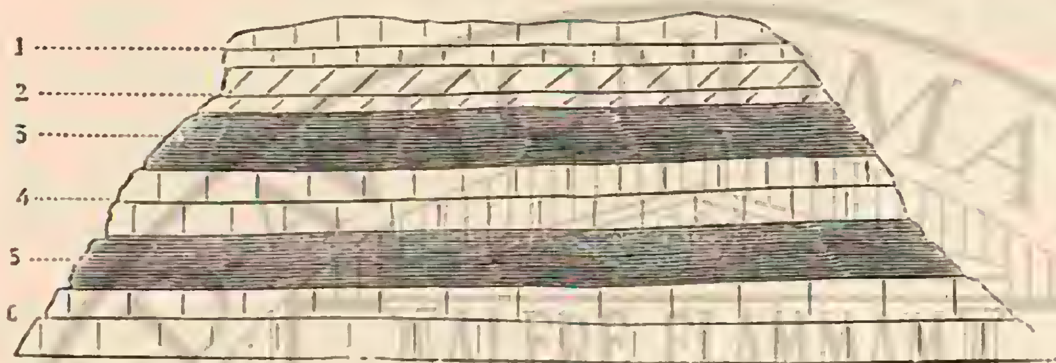


Fig. 103.—Corte geológico tomado en los alrededores de la ciudad de Bath
1 Caliza oolítica, llamada Corn-brash.—2 Capas de mármol, dicho Forest-Marble.—3 Arcilla de Bratford.—4 Caliza oolítica de Bath (grande oolita).—5 Arcilla de Batanero (Fuller'searth).—6 Oolita inferior ferruginosa y muy fosilífera.

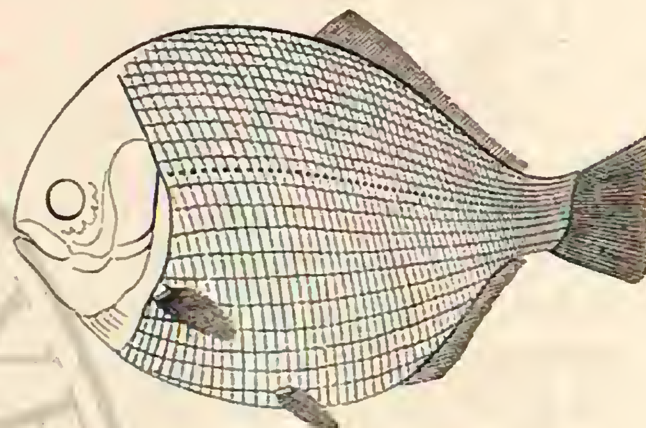


Fig. 104.—Tetragonolepis restaurado

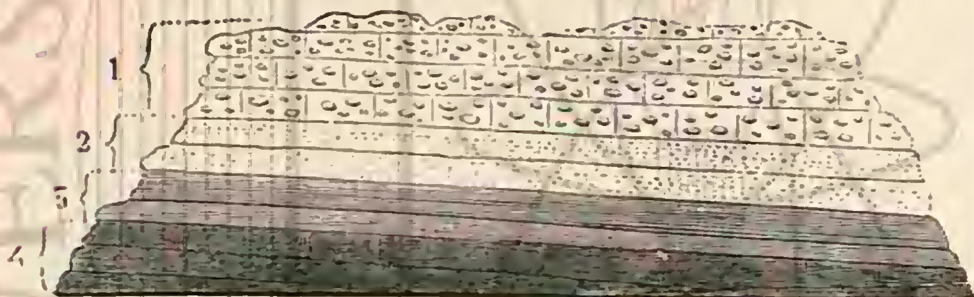
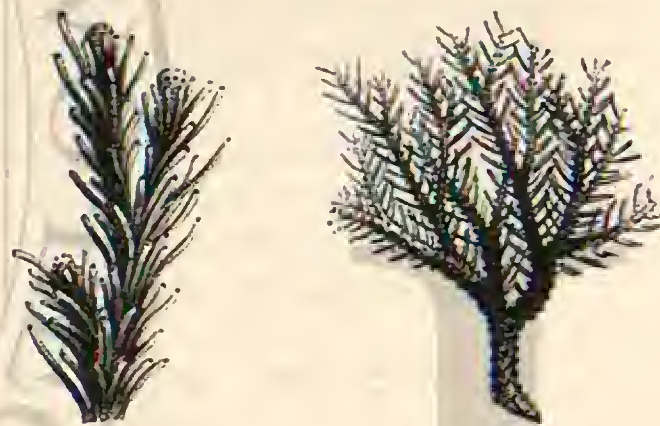


Fig. 105.—Corte del terreno oxfórdico en la costa de Normandía
1 Caliza oolítica del Coral-rag.—2 Arenas y areniscas algo calizas.—3 Arcillas fosilíferas de Dives (horizonte de Oxford).—4 Caliza margosa del grupo oxfórdico.



(Crecida)
Fig. 106.—Entalophora cellarioides



Fig. 107.—Ammonites bifrons

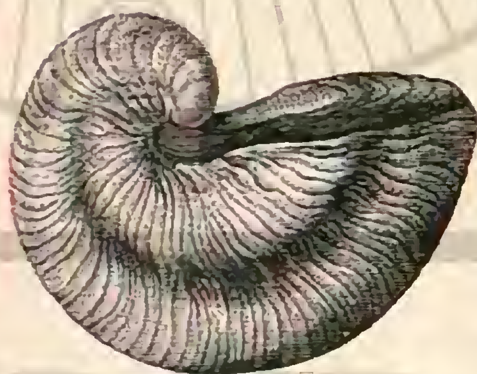


Fig. 108.—Ostrea arcuata



Fig. 109.—Ammonites Humphrysianus

Dos formaciones esencialmente marinas constituyen este terreno en la mayoría de los casos, á saber: la del coral-rag y la de arcilla de Oxford ó de Dives, por ser clásicos estos dos puntos en Inglaterra y Francia.

La primera de las indicadas formaciones empieza generalmente de arriba abajo, por capas de caliza oolítica, que en algunos puntos, sin perder este carácter, aglutina ó contiene muchos fragmentos de conchas, erizos de mar y zoófitos, por cuya razon se ha llamado coral-rag: *rag*, significa en inglés jiron ó fragmento, y coral se ha tomado como sinónimo de zoófito. Siguen despues varios bancos de arenas y areniscas, descansando sobre grandes depósitos de arcillas, en inglés oxford-clay, conteniendo gran número de fósiles característicos de este terreno, que termina en la base por varias capas de margas ó de calizas arcillosas.

La primera formacion es notable por el número considerable de zoófitos que contiene, muchos de los cuales parece se conservan todavía en la misma posicion en que vivieron, presentando la imágen fiel de los arrecifes de coral de las islas del Pacífico.

La segunda se distingue particularmente por el desarrollo que en ella ofrecen los moluscos cefalópodos, como ammonites, belemnites y nautilus.

En la cordillera del Jura, que puede considerarse como clásica, este segundo piso consta, en el órden descendente, de los materiales siguientes: 1.° caliza de astartes; 2.° caliza de nerineas; 3.° oolita coralífera; 4.° caliza compacta coralina, que corresponden al grupo del coral-rag; 5.° arcillas de Chailles (nódulos); 6.° margas oxfórdicas, y 7.° kelloway-rok, que son los representantes del oxford-clay.

OXFÓRDICO ESPAÑOL.—El grupo oxfórdico, aunque no muy desarrollado, se encuentra en varios puntos de la Península, con la particularidad de ser muy uniforme su composicion. En general consta de bancos de piedra caliza dura, compacta, de fractura concoidéa y de aspecto litográfico, siendo muy difícil procurarse en ella buenos fósiles; raras veces toma esta caliza el aspecto dolomítico, como se observa en algunos puntos de Europa, en Chanaz (Saboya), por ejemplo, en donde constituye el piso llamado kelloway-rok. Tambien suelen alternar los bancos de caliza con los de margas y arcillas, generalmente de colores oscuros, como se demuestra entre Calomarde y Frias.

En este caso el terreno es mas rico en fósiles que cuando solo consta de capas calizas, en atencion á que, en general, en los terrenos secundarios las margas y arcillas son las que contienen mas restos orgánicos. Sin embargo, el Sr. Verneuil cita un depósito oxfórdico en la montaña que se encuentra al sudeste de Caravaca, formado de bancos de caliza muy rica en fósiles.



Fig. 110.—Dendastrea ramosa



Fig. 111.—Coniopterismura yana

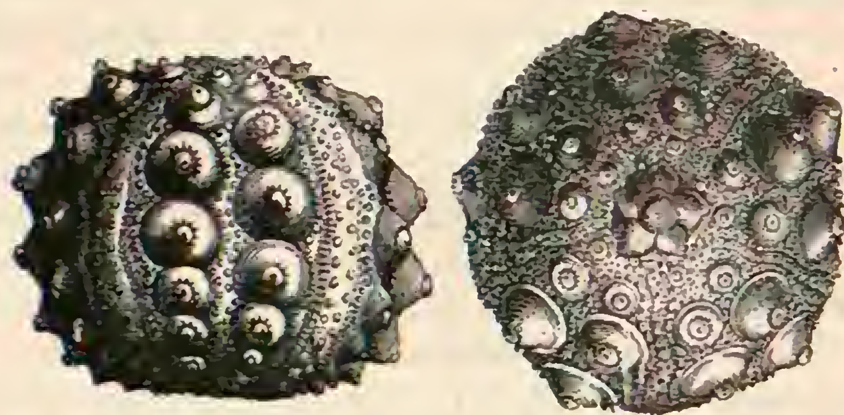


Fig. 112.—Hemicidaris crenularis



Fig. 113.—Pholadomya acuticostata



Fig. 114.—Diente del iguanodon



Fig. 115.—Ostrea virgula

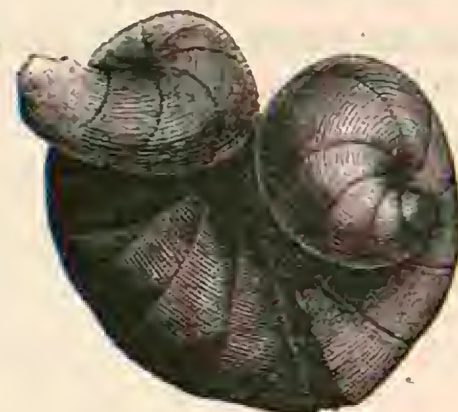


Fig. 116.—Diceras arietina



Fig. 117.—Phytogira magnífica



Fig. 118.—Ostrea Marshii



Fig. 119.—Ammonites refractus



Fig. 120.—Ostrea deltoidea

En Bejís, partida de las Naguanillas; en el cerro de las Mulas, al oeste de la Cueva Santa, y en otros puntos de la provincia de Castellon, y en la limítrofe de Teruel, el piso oxfórdico consta de capas alternadas de calizas claras, duras y compactas, y de arcillas y margas, que en algunos puntos se exfolian y tienden, como en Bejís, por ejemplo, á tomar en su descomposicion formas esferoidales análogas á las del basalto cuando se descompone (1).

En Sarrion (Teruel), en el sitio llamado la Hoya de la Caridad, he observado un hecho sumamente curioso, que conviene consignar. Allí el terreno ó piso oxfórdico se halla representado por calizas duras y compactas, con las cuales alterna un depósito en capas de oolita muy ferruginosa, riquísima en fósiles pertenecientes al oxford, á las oolitas grande é inferior y al lias, sin que sea fácil explicar esta mezcla, pues las numerosas especies de ammonites de estos varios horizontes, como el hommairei, zignodianus, anceps, macrocephalus, que son oxfórdicos, se hallan mezclados en la zona misma con los fimbriatus y biflexuosus del lias, y con el gervillei y microstoma, que son de la oolita grande é inferior. Tambien se encuentra en el mismo horizonte el nautilus sinuatus, que es característico del oxford-clay (2).

En muchos puntos, como entre Calomarde y Frias, en Hinarejos y en Bejís, se le ve en relacion por su base con el trias. En el gran escarpe que forma el rio Cabriel, en la car-

(1) Véase mi Memoria geognóstico-agrícola de Castellon.

(2) Consúltese mi Memoria geológico-agrícola de Teruel.

retera de Valencia á Madrid, se ve cubierto por depósitos terciarios, segun Verneuil. En el pico del Tejo el oxford se halla constituido por bancos de calizas muy duras y consistentes con fuerte buzamiento hácia el oeste, y cubierto por capas del piso cretáceo inferior.

Las calizas margosas rojizas de Cabra (Córdoba) tambien pertenecen al piso oxfórdico ó al llamado horizonte titónico por Oppel. Verneuil refiere al mismo piso las calizas grises y compactas, que encontró en 1859 en las cercanías de Montoria (Alava); por haber descubierto algunos ejemplares del Amm. plicatilis, que es característico. Esta especie, como el Amm. athleta, el belemnites hastatus, terebratula diphya, aptychus imbricatus, y otras propias del oxford ó del titónico segun quieren otros, fueron encontradas por Haime en Benisalem y otros puntos de Mallorca.

El piso superior ó coral-rag, que en otros países y particularmente en el Jura y en la costa de la Normandía, adquieren tanta importancia, en España está poco desarrollado. Verneuil solo lo cita entre Alustante y Prados Redondos (Aragon), por haber encontrado la *terebratula pectunculus*, y en Albarracin, donde halló la *pholadomya paucicosta*, especies características.

Para formarse una idea del carácter paleontológico de este piso, bastará echar una ojeada á las figs. 111, 112, 113, 114 y 120, en las que se han representado los fósiles mas notables.

Cuando predominan en este terreno las calizas oolíticas ó del coral-rag, dan orígen á mesetas elevadas y de pendientes ásperas; pero si, por el contrario, son las arcillas ó las margas las dominantes, constituyen colinas generalmente asurcadas por valles anchos y profundos. Las fuentes son abundantes y suelen contener óxidos y sulfatos de hierro, efecto de la descomposicion de las piritas, lo cual les comunica un carácter mineralógico muy conveniente para el tratamiento de las dolencias caracterizadas por atonía ó falta de estímulo en la sangre.

PISO CUARTO.—*Portlándico*

El horizonte portlándico se halla en general formado de dos grupos: el superior, de caliza mas ó menos oolítica, y corresponde al piso portlándico de Lyell y D'Orbigny; el inferior, de margas, areniscas y arcillas, es el piso kimmeridgico.

Observaciones, empero, del Sr. Forbes han demostrado que algunos bancos marinos y lacustres de Purberck, en Inglaterra, considerados antes como la parte inferior del terreno weáldico, guardan mas analogía con los del período jurásico que con los del cretáceo; razon por la cual Lyell coloca dichas capas en la parte mas alta de la oolita superior.

El profesor Forbes distingue el grupo de Purberck, de Inglaterra, en tres pisos: superior, medio é inferior, caracterizado cada uno por rocas y fósiles especiales.

En Francia se encuentra este horizonte jurásico superior en varios puntos del departamento de las Dos Charentas, en el de Doubs, en el del Jura y en otros.

En España hasta el presente no se ha descubierto.

La segunda formacion jurásica superior es la llamada de Portland, constituida por bancos de una caliza marina, que sirve en Inglaterra de base al último piso de purberck, y se empleó en la construccion del magnífico templo de San Pablo y otros edificios notables de Lóndres. Por la parte inferior estos bancos de caliza descansan sobre otros de arenas y areniscas, con fósiles marinos tales como la *trigonia gibbosa*, uno de los mas característicos.

La formacion llamada kimmeridgica, por hallarse muy desarrollada en Kimmeridge (condado de Dorset), consta en Inglaterra y en la mayor parte de los países en que se encuentra, de grandes masas estratificadas de arcilla, sirviendo de base á la caliza ó arenisca portlándica. En Inglaterra esta roca es reemplazada á veces por pizarras bituminosas, que suministran en ciertos puntos un carbon impuro, tomando en otros el aspecto de la turba. Varios fósiles, todos marinos, caracterizan este piso, siendo el mas comun la llamada *gryphea*, y mejor *ostrea virgula*, cuya abundancia ha hecho que se dé al piso el nombre de arcilla de ostrea virgula. Tambien es frecuente la *ostrea deltoidea*, la *ostrea expansa* y otros.

En la cordillera del Jura estas dos formaciones ó pisos se hallan perfectamente representadas por calizas compactas, algun tanto oolíticas, y por margas y arcillas de Kimmeridge con la ostrea virgula y Bruntutana y otros fósiles que se encuentran con frecuencia en estado de molde. En los alrededores de Soloturn, al pié de la cordillera de Weissenstein, el portlándico está representado por mármoles de aspecto margoso, con gran número de restos de peces y tortugas fósiles, de las que puede asegurarse que el Museo de dicha ciudad es el mas rico de Europa.

En Baviera este grupo se halla constituido por numerosos bancos de la famosa piedra litográfica, objeto de vastas explotaciones, en la cual se han encontrado objetos tan curiosos y característicos, como el *pterodactylus* ó reptil volador, del que, segun Lyell, se han descubierto hasta siete especies; muchos peces, crustáceos y hasta veinte y tantas especies de insectos.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Caracterizan este piso las especies fósiles representadas en las figs. 115, 116, 117, 118 y 119.

PORTLÁNDICO ESPAÑOL.—El grupo de la oolita superior no está muy desarrollado en la Península, pudiendo citar el piso portlándico entre Bejís, Barrancas y el Toro, donde encontré en 1857 entre otras especies la trigonia gibbosa característica. En la misma excursion geológica ví en la masía del Campillo, término de Jérica, el piso kimmeridgico, representado por varias capas calizas alternando con otras arcillosas y de marga con la ostrea virgula, la *ceromya excentrica* y otras especies características. El Sr. Prado cita esta especie en Frias (Aragon), y Verneuil y Collomb la encontraron junto con la *homomya hortulana*, el *cardium dissimile* y otras, cerca del Villar y la Venta de Cárcel (Albacete).

En general este terreno se presenta en colinas terminadas por mesetas; sus valles son mas anchos y regulares que los del cretáceo, de laderas suaves, estrechándose á medida que se acercan á su orígen, el cual raras veces se presenta en forma de circo. La circunstancia de ofrecer en muchos puntos capas alternadas de calizas, margas, arcillas y areniscas, imprime un carácter particular á las regiones en que domina. Las fuentes son en él abundantes; circunstancia que, unida á la crasitud de la tierra por las margas que adquieren un gran desarrollo, da una gran fertilidad al país, en especial para praderas, como se observa en la Normandía, en muchos puntos de Inglaterra, en el Jura y en Teruel.

Antes de pasar á describir el terreno cretáceo, conviene decir dos palabras acerca de una importante discusion que en estos últimos años se ha suscitado entre varios geólogos eminentes, acerca de la posicion en la serie de los horizontes cuyos fósiles para unos son cretáceos, mientras otros los consideran como jurásicos. Los principales mantenedores de esta cuestion, bien extraña por cierto, dado el conocimiento que en todos sentidos se tiene de ambos terrenos,

son el célebre paleontólogo ginebrino Sr. Pictet de la Rive y Mr. Hebert, no menos ilustre profesor de Geología en la Sorbona de Paris. Un tercer sabio ha terciado en el debate, el docto Sr. Oppel de Munich, el cual, para resolver el asunto, propuso dar al horizonte en cuestion el nombre de terreno titónico.

La naturaleza de esta obra no permite entrar en mas amplios detalles acerca de este asunto, debiendo tan solo añadir que admitido este nuevo terreno, cuya existencia en mi humilde opinion ha de ser efímera, por el Sr. Verneuil en la segunda edicion del mapa geológico de la Península, refiere la localidad de Cabra (Córdoba) á este horizonte, al cual por mi parte debe agregarse Torrevelilla, la sima de San Pedro y otros puntos de la provincia de Teruel, donde he tenido la fortuna de encontrar muchos fósiles característicos de dicho horizonte.

TERRENO CRETACEO

SINONIMIA.—Terreno pelágico cretáceo, de Brong.—Grupo cretáceo, Delabeche.—Terreno cretoso, Roset.—Caliza blanca jurásica, Hausman.—Terreno cretáceo de la mayor parte de los autores.

DEFINICION Y CARACTER MINERALÓGICO.—El terreno cretáceo, así llamado por el desarrollo que en él adquiere la roca que dimos á conocer con el nombre de *creta*, se halla constituido por varios depósitos, la mayor parte marinos, compuestos de caliza frecuentemente cretácea, á veces clorítica, alternando con bancos de margas, arcillas, areniscas, arenas, conglomerados, nódulos de sílice ó pedernal, subordinando á algunos criaderos de lignito, de hierro hidratado y de sustancias bituminosas que impregnan las calizas, arcillas ó areniscas. Los pórfidos piroxénicos, las ofitas, algunos granitos y rocas dioríticas se hallan intercaladas como contemporáneas ó posteriores á este terreno, cuyos accidentes orográficos son debidos, en gran parte, á su aparicion.

CARÁCTER ESTRATIGRÁFICO.—El levantamiento de los Pirineos separó el terreno cretáceo y la parte inferior del nummulítico del resto del grupo terciario, determinando la discordancia de estratificacion entre sus capas respectivas; circunstancia que se repite en la parte inferior entre los materiales del cretáceo y los del jurásico, cuando la serie no se halla interrumpida por la aparicion del sistema de la Cote d'Or. Otros dos levantamientos, el de Monte Viso y de Vercors, se verificaron durante el largo período que representa este terreno, circunstancia en que se funda hoy su division, como veremos mas adelante.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—Bajo el punto de vista paleontológico, el terreno cretáceo está perfectamente caracterizado por el gran número de moluscos cefalópodos, que adquirieron en él el máximum de desarrollo en géneros y especies: por la presencia de los reptiles llamados mosasauro é iguanodon; por ser el de la primera aparicion de los peces cicloidéos y tenoidéos, de las aves palmípedas y de las plantas dicotiledóneas, representadas por los géneros credneria y salicites, etc.

EXTENSION Y DISTRIBUCION.—A medida que nos elevamos en la serie se observa que los terrenos adquieren menos uniformidad en su composicion y extension superficial; así es que el cretáceo no se presenta, como veremos, en el terciario en cuencas circunscritas, sino ocupando regiones muy vastas, á pesar de que, cubierto por los depósitos superiores, no aparece siempre á la superficie: la sonda, empero, nos demuestra que corre por debajo.

En Europa se halla muy desarrollado desde el nordeste de los Montes Carpatos (Polonia) hasta nuestra Península, ocupando varios distritos de la Lituania, Galitzia, Volhinia y Podolia. Al norte se presenta en Dinamarca, en la Pomerania, en el reino de Hannover, en Sajonia, Bélgica, Inglaterra é Irlanda; dobla despues hácia el sur y el oeste, observándose en diversos puntos de la Suiza alrededor del Jura y de los Alpes, y en Italia formando la mayor parte de la cordillera de los Apeninos. En Francia rodea ó limita las cuatro cuencas terciarias, que indicaremos al tratar de este terreno.

CRETÁCEO ESPAÑOL.—Parte de la zona pirenáica y mediterránea francesa penetra en España, donde ocupa varias regiones importantes. La primera, al norte, comprende gran parte de Navarra y provincia de Santander; la segunda, al este, ocupa en Aragon y Cataluña una grande extension de terreno; en las provincias de Castellon y Teruel la tercera, representa un triángulo de mas de 20 leguas por lado, que se extiende desde Castellon á Tortosa y Montalban, desde donde se dirige hácia oeste, pasa por Peñagolosa, que es el punto mas culminante (de 1,700 á 1,800 metros), hasta terminar otra vez en Castellon. Hácia el sur este terreno forma una cuarta zona muy extensa desde las inmediaciones de Valencia hasta Alicante, pasando por Alcoy; siendo notable en ella por su riqueza en fósiles la Sierra Mariola; por último, rodea la cuenca terciaria del Duero y se halla tambien en otros muchos puntos de la Península.

ESPESOR DEL CRETÁCEO.—Sumando las mayores alturas hasta el dia reconocidas, el terreno cretáceo representa uno de los períodos mas largos de la creacion, calculándose su espesor en 3,800 á 4,000 metros.

DIVISION.—El levantamiento de Monte-Viso separa este terreno en dos grandes grupos: inferior y superior.

Grupo inferior

DEFINICION.—Entre el sistema de Monte-Viso y el de la Cote d'Or se encuentra una serie de bancos de arenas, areniscas, calizas, arcillas, etc., constituyendo formaciones marinas y tambien lacustres, que se conocen con el nombre de cretáceo inferior, separadas de las que acabamos de describir, no solo por la interposicion de este sistema en muchos puntos, sino que tambien por ser los fósiles específicamente diferentes.

DIVISION.—Fundados los autores en los caractéres mineralógico, estratigráfico y paleontológico, dividen este piso en tres formaciones que de abajo arriba son: weáldica, neocómica y áptica; las dos últimas esencialmente marinas, mientras la primera participa á la vez de la naturaleza lacustre. Admitiremos, pues, en la descripcion de este piso la division propuesta, por mas que no haya completo acuerdo entre los que la sostienen, acerca de los verdaderos límites paleontológicos que la separan, sin desconocer tampoco que hay autores muy respetables que se apartan algun tanto de estas ideas.

HORIZONTE WEÁLDICO.—Al sudeste de Inglaterra el cretáceo empieza por una formacion casi esencialmente lacustre, llamada weáldica, del país de Weald. Esta formacion, descrita ya en 1822 por el Dr. Mantell, forma tal contraste por su naturaleza lacustre con los demás pisos del cretáceo inferior y del terreno jurásico superior, entre los cuales se halla intercalada, que al principio se admitió su posicion con alguna duda, pero hoy es cosa averiguada que constituye la base del terreno cretáceo. En dicha comarca la formacion weáldica se halla representada por dos órdenes de pisos, el superior, llamado arcilla de Weald, alternando con pequeños lechos de arenas y de caliza conchífera con

paludinas, formando un todo de 40 metros de grueso, y el inferior representado por las arenas de Hastings, con las cuales alternan accidentalmente bancos de arcillas y de areniscas calizas bastas: el espesor de este segundo grupo llega á ser, segun Fitton, de 120 á 300 metros.

Los bancos de la arcilla de Weald, no solo concuerdan estratigráficamente con los de la arenisca verde inferior en Inglaterra, sino que hasta participan de la misma composicion. La presencia en la caliza marina de la arenisca verde inferior, cerca de Maidstone, del iguanodon Mantelli, gran reptil herbívoro característico del piso en que nos ocupamos, confirma plenamente esta suposicion.

El grupo de las arenas de Hastings consta principalmente de arenas, areniscas, calizas, arcillas y pizarras, siendo notable el desarrollo de reptiles y peces que en sus bancos se nota. Entre los primeros deben citarse, además del iguanodon, el hylœosaurus, el megalosaurus, diversos restos de tortugas y de lepidotus entre los peces. Las conchas casi todas son lacustres, aunque tambien se encuentran algunos géneros, como corbula y mytilus, que habitan las aguas salobres.

La formacion weáldica en Inglaterra reemplaza á la neocomiense, que casi falta por completo, pudiendo asegurar por ahora que si no peculiar á esta parte de Europa, pues ya

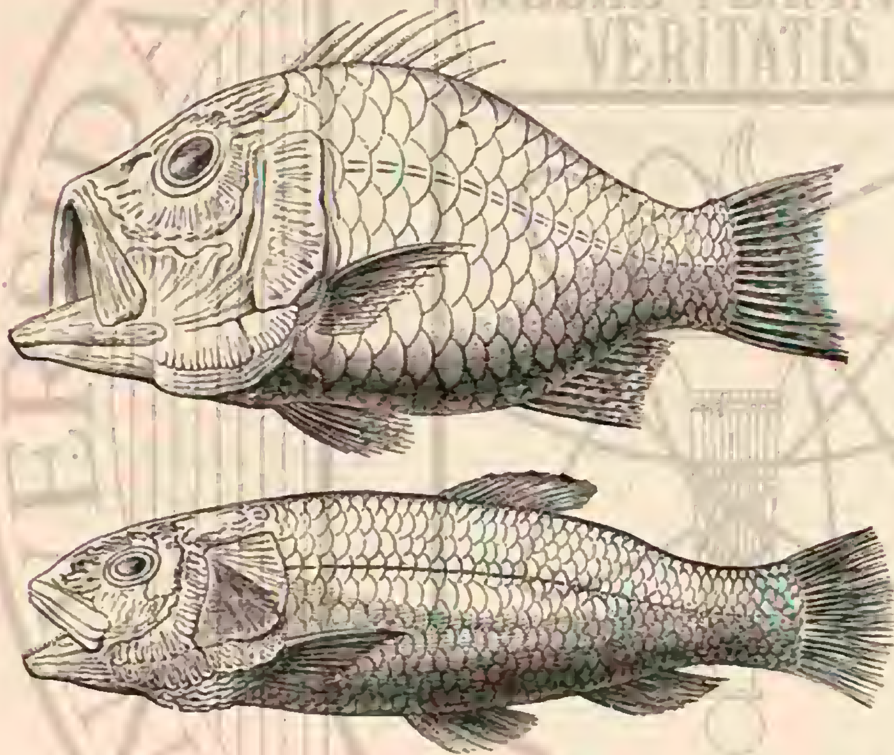


Fig. 121.—Beryx Lewesiensis-Osmeroides Mantelli

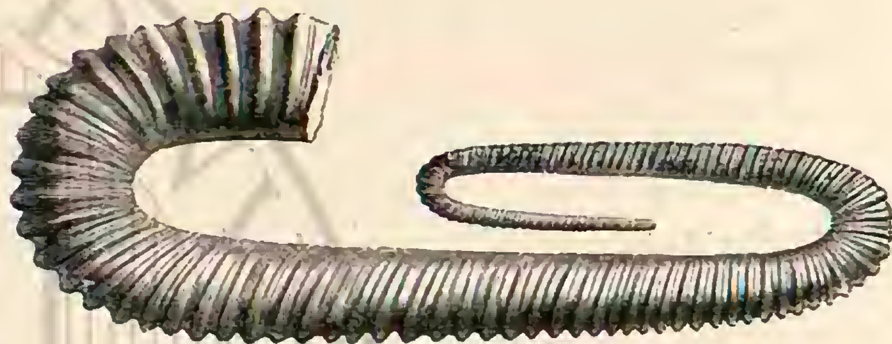


Fig. 122.—Hamites

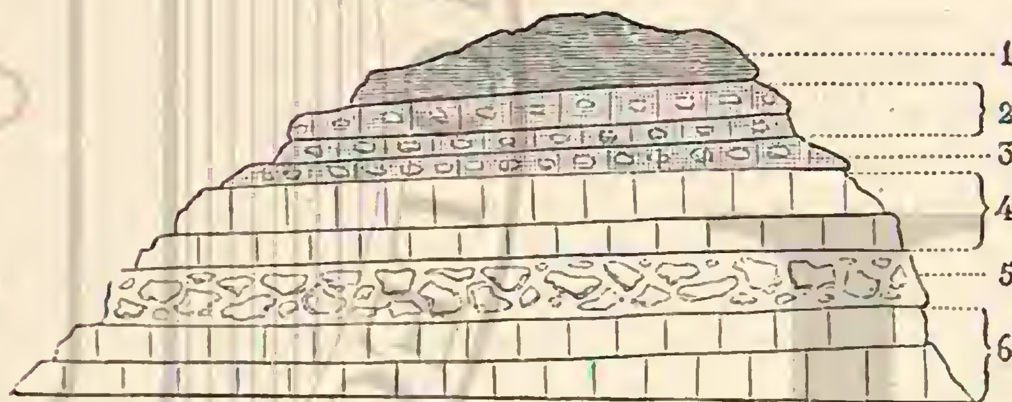


Fig. 123.—Corte del terreno cretáceo superior en Meudon.
1 Arcilla plástica terciaria.—2 Caliza pisolítica.—3 Conglomerado de caliza pisolítica y creta blanca.—4 Creta blanca en bancos horizontales.—5 Nódulos sueltos de pedernal.—3 Creta blanca inferior.

se cita en varios puntos de Hannover y Westfalia, en los alrededores de Neufchatel, en Nantua y en el departamento de la alta Marna, descrita por el Sr. Cornuel, y en algun otro punto de Francia, la Gran Bretaña es el país clásico para su estudio. Recientemente el Sr. Linares ha descubierto en la provincia de Santander un horizonte con grandes especies del género unio y muchos cypris que parecen de este horizonte.

HORIZONTE NEOCÓMICO.—El nombre de este horizonte recuerda á Neufchatel (antigua Neocomium, Suiza), donde por primera vez lo descubrió el Sr. Montmolin.

En los alrededores de dicha ciudad, esta formacion adquiere gran importancia, distinguiéndose en superior, media é inferior, compuesta de arriba abajo de varias capas de margas, conocidas con los nombres de los fósiles que contiene, como marga de equínidos, de ostrea Couloni, de plicatulas, de belemnites, de pholadomyas, etc.; sigue otro piso de caliza amarilla, que se emplea en la construccion, caracterizada principalmente por la presencia del pteroceras oceani; y cierran por abajo este terreno varios bancos de margas azules con yeso y caliza amarilla.

En Vassy, Francia, el Sr. Cornuel dice hallarse representado por los materiales siguientes, de arriba abajo: 1.º arenas verdes; 2.º arenas y areniscas amarillentas, con las *ostreas aquila* y *sinuata*, 3.º arcilla de plicátulas; 4.º arcilla rojiza endurecida; 5.º mineral de hierro limonita oolítico, pasando al ocre amarillo y rojizo; 6.º arenas y areniscas ferruginosas; 7.º arcilla consistente de color rosáceo; 8.º arenas y areniscas manchadas de distintos colores por el ocre; 9.º arcilla de ostras, por contener en gran número las O. Leymerii y Boussingaulti; 10.º marga arcillosa amarilla; 11.º caliza compacta, amarillenta, dicha de Spatangus por la abundancia del Sp. retussus, característico; 12.º marga azul que enlaza con la parte inferior de la caliza amarilla; 15.º limonita en fragmentos geódicos; y 16.º marga arcillosa negruzca.

HORIZONTE APTICO.—Este piso, al que el malogrado D'Orbigny consideró primero como parte superior del neocómico, y al que mas tarde dió él mismo, como unidad independiente, el nombre que lleva, por hallarse muy desarrollado en los alrededores de Apt (Apta Julia), departamento de Vaucluse, Francia, corresponde al horizonte de arcillas de plicátulas del Sr. Cornuel y al Lower-Green-Sand ó arenisca verde inferior de los ingleses.

CARACTER MINERALÓGICO.— Generalmente hablando, este horizonte consta de arcillas grises, á veces algo ferruginosas, verdes y hasta negras, alternando con calizas oscuras, sobre todo en los Alpes, con margas y arcillas, amarillentas ó blancas, segun las localidades.

CARACTER ESTRATIGRAFICO.—En muchas localidades, este horizonte está bien separado de su inmediato anterior y posterior, por verdaderas discordancias de estratificacion, si bien, en general, no ofrece muchos accidentes.

CARACTER PALEONTOLÓGICO.—Lo que mas lo distingue bajo este punto de vista, es la abundancia de restos orgánicos, entre los cuales el nautilus plicatus y lallierianus, ammonites Martinii, A. cornuelianus, matheroni, ancyloce-

ras-gigas y simplex, cerithium aptiense, córbula striátula, plicátula placunea, ostrea aquila, terebratulla astieriana y muchas otras, son los principales.

APTICO ESPAÑOL.—Hemos dado mayor extension á este horizonte, porque sin duda alguna es el que adquiere mayor desarrollo en la Península, así en espesor, como por los numerosos fósiles que encierra, bastando citar á Morella (Castellon), de cuyos alrededores poseo mas de cuatrocientas especies, encontradas por el celoso amante de estos estudios D. Facundo Gasulla, por el no menos distinguido naturalista, D. Nicolás Ferrer y Julbe, profesor de la Universidad de Valencia, y por mí. La mayor parte de estas especies y las que recogí en Benasal, Cinctorres, la Iglesuela del Cid, Cuevas de Vinromá, Chert, Alcalá de Chisvert y muchos

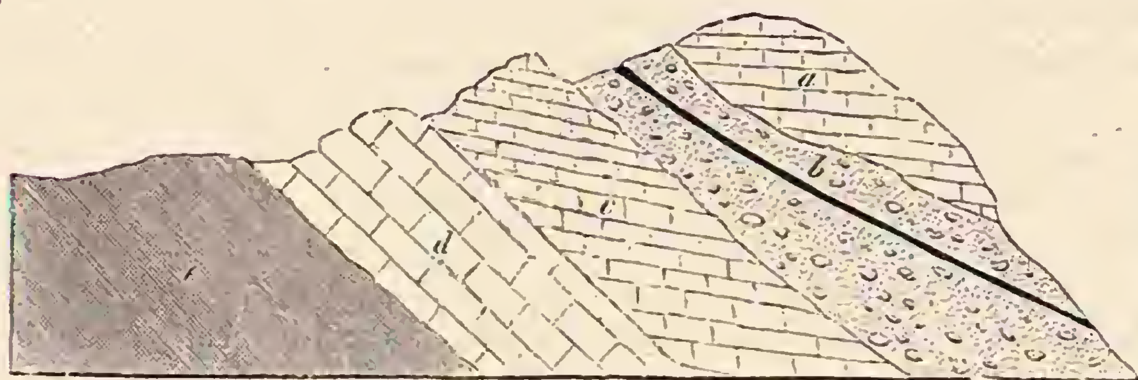


Fig. 124.—Corte de la muela de San Juan, entre Villar del Cobo y Griegos
a Caliza de la creta verde superior en bancos casi horizontales.—*b* Arenas blancas, guijarros de cuarzo, con algun banco de lignito.—*c* Calizas oxfórdicas.—*d* Calizas del lias superior.—*e* Margas del lias medio.

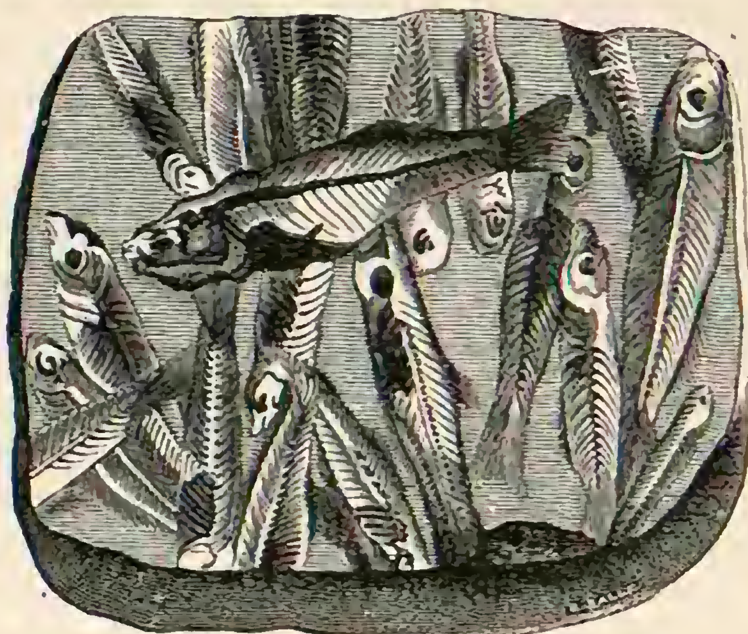


Fig. 125.—Lebias cephalotes

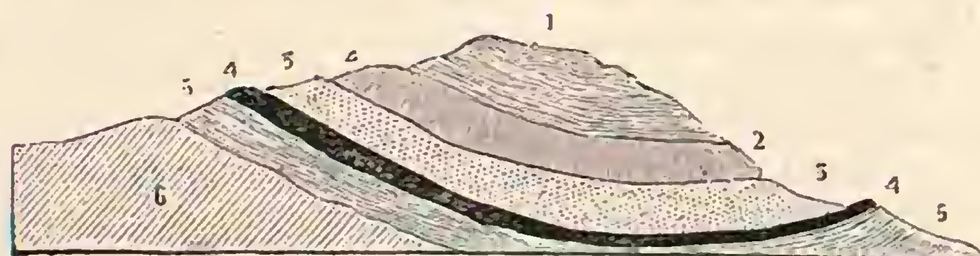


Fig. 126.—Corte del terreno cretáceo y jurásico entre Calomarde y Frias
1 Caliza blanca, perteneciente á la creta tufó.—2 Arenisca de Ostrea flabellata.—3 Arenas blancas con cuarcita.—4 Caliza oolita oxfórdica.—5 Margas fosilíferas del oxford-clay.—6 Margas con yesos y jacintos de Compostela, pertenecientes al trias.

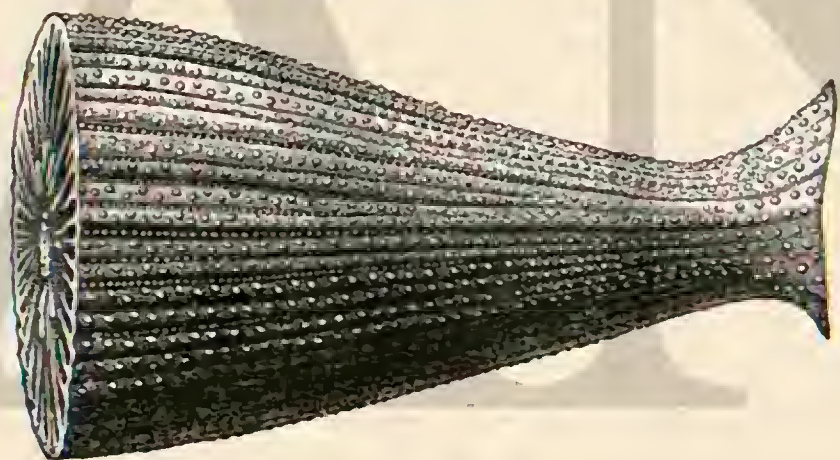


Fig. 127.—Cyatina Bowerbankii



Fig. 128.—Conus Mercati

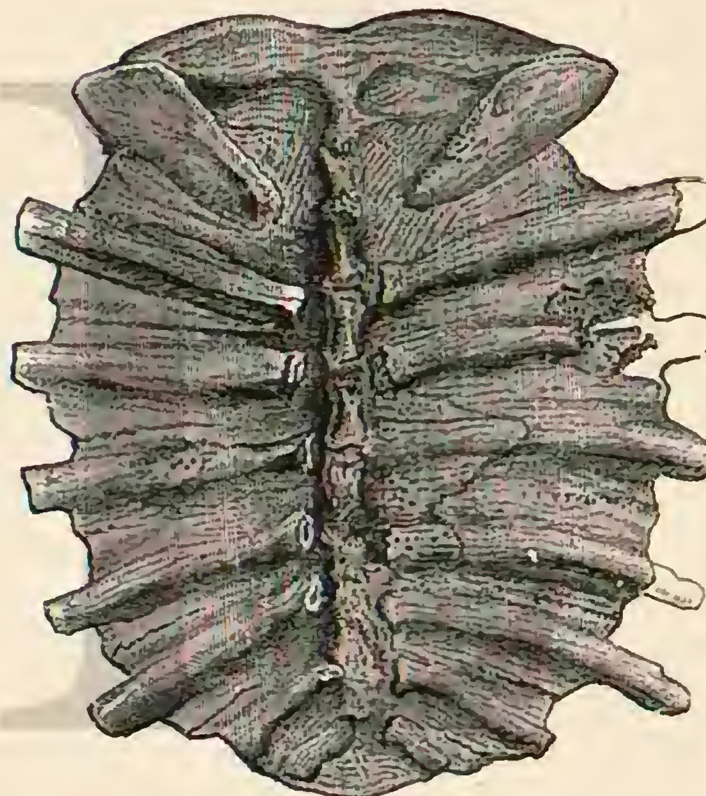


Fig. 129—Trionix

otros puntos del antiguo Maestrazgo de Montesa, pertenecientes en gran parte á este horizonte, fueron dibujadas y descritas en la Memoria que presenté en 1863 al Ministerio de Fomento, y que por razones que omito, permanece y permanecerá olvidada *ad Kalendas græcas*. Por la misma época presenté á la Junta de Estadística, y esta publicó en 1863, otra Memoria sobre la provincia de Teruel, en la cual figuran no pocos fósiles de este horizonte, perfectamente grabados por el Sr. Kraus, y descritas por mí las especies nuevas.

Debia indicar estas circunstancias, porque habiendo publicado el Sr. Cocquand una interesante Monografía de este horizonte, para probar que en él arman los criaderos de lignito de Utrillas, Estercuel, Gargallo, etc., fruto de una rápida excursion por aquel país, describe como nuevas, dando nombres distintos, las especies que ya habia yo publicado. Reclamo, pues, la prioridad, y sin negar que realmente este horizonte se halla muy desarrollado en dicha comarca, la mas importante, sin duda, de España, y quizás del extranjero, creo no tenga sólido fundamento la idea de no encontrarse otro: pues poseo especies que indudablemente pertenecen, unas al neocómico y otras á pisos superiores al áptico.

Para concluir debo mencionar el hallazgo hecho tres años ha por D. Nicolás Ferrer, y confirmado más tarde por mí, de varios restos de un reptil colosal al pié de la colina llamada Benigania, junto á los muros mismos de Morella. Tambien poseo dos huesos largos, que probablemente pertenecen al *iguanodon Mantelli* que, procedentes de Utrillas, me mandó hace poco el distinguido médico de Montalban D. Jerónimo Baldaque. Quizás sean estos los únicos huesos de reptiles cretáceos hasta el presente encontrados en la Península, razon que me ha movido á dar estas noticias.

Para que el lector pueda formar idea del carácter que durante este grupo inferior cretáceo, ofrecia la vida en el globo, pueden verse las figs. 114, 121, 122 y 127.

Grupo superior

El grupo cretáceo superior consta de muchas capas de

caliza pisolítica, de creta pura ó mezclada con granos de clorita y nódulos de pedernal, alternando á veces con otros de areniscas, margas y arcillas, sirviendo de base, cuando la serie no se halla interrumpida, el terreno terciario eoceno, y descansando sobre el cretáceo inferior en estratificacion discordante, determinada por la aparicion del sistema de Monte-Viso.

Este grupo cretáceo se divide en cuatro ó cinco asociaciones de bancos, que llevan el nombre de la localidad en que se encuentran mas desarrolladas, ó se distinguen por las rocas dominantes, como se ve en el cuadro de la clasificacion general de terrenos.

La de Maestrich es una caliza amarillenta ó rojiza, en algunos bancos blanquecina, de estructura algo porosa, de escasa consistencia y muy rica en restos orgánicos, entre los cuales predominan los zoófitos y briózoos, el belemnites ó belemnitella mucronata, algunos hamites y baculites, el pecten cuadricostatus, la terebrátula cárnea, y otras especies características de la creta blanca, y el mosasaurus Camperi, peculiar de dicho punto, al que dió su hallazgo grande celebridad. Esta caliza forma allí bancos de 30^{m} de espesor, y se halla separada de los de la creta blanca por una faja de caliza verdosa de 0^{m},050 á 0^{m},100 de grueso, conteniendo muchos tallos de encrinites.

La caliza pisolítica se halla representada por bancos de una piedra caliza que imita por su aspecto á la basta de París, y contiene varios nódulos de incrustacion que le dan el aspecto de pisolita, con muchos restos orgánicos en estado de molde, la mayor parte peculiares á esta formacion, que Lyell considera como intermedia, ó de tránsito, entre los terrenos terciario y cretáceo. En Meudon (alrededores de París) se ve debajo de la arcilla plástica una superficie desigual, con señales evidentes de denudacion, formada por una caliza amarillenta que descansa en estratificacion concordante sobre los bancos muy desarrollados de creta blanca, entre los cuales y la caliza pisolítica se observa una especie de conglomerado compuesto de fragmentos irregulares de ambas rocas. Esta circunstancia y la concordancia que existe entre la caliza pisolítica y la creta blanca, justifica hasta cierto punto la opinion de D'Orbigny de considerarla como la parte superior de su piso senónico ó de la creta blanca. En algunos puntos esta formacion adquiere un espesor desde 10 hasta 30^{m}, y se observa en Meudon, Montereau, Laversine, Vertus, Vigny y otros, ocupando, segun Hebert, una extension de 180 kilómetros de este á oeste y 150 de norte á sur. La presencia en la caliza pisolítica del *nautilus danicus*, justificada en Montereau por Mr. Hebert, y del *cidaris forchammeri*, acreditan la idea de su contemporaneidad con la caliza de Faxoé. Para formarse una idea de la posicion y relaciones de este piso con la creta superior, consúltese la fig. 123.

Por último, en Seelandia, Dinamarca, se encuentra encima de la verdadera creta blanca una caliza amarillenta, formada en gran parte, como la de Maestricht, de restos de zoófitos, conteniendo bastantes moluscos, entre los cuales figuran el *nautilus danicus*, el *baculitis Faujasii* y la *belemnitella mucronata*, que justifican su colocacion entre las formaciones cretáceas. Esta caliza se llama de Faxoé por destinarse como piedra de construccion en dicha villa, y se observa que en la costa de Stevensklint, donde se explota, alcanza un notable espesor.

La creta blanca, que es la que propiamente ha dado el nombre á todo el terreno, está representada por la caliza blanca manchadiza, que dimos ya á conocer en la descripcion de las rocas; se presenta en bancos, á veces de mucho espesor, alternando en la parte alta con ciertos horizontes de nódulos irregulares de pedernal, que sirven con frecuencia á distinguir los estratos de aquella, que sin ellos se confundirian, presentándose como si fueran grandes masas continuas. Los nódulos, que no ofrecen continuidad, van desapareciendo hácia la parte inferior de la creta blanca, sirviendo de consiguiente á separarla en dos horizontes, superior, con silex, inferior sin ellos. En donde faltan estos, la creta va tomando un tinte verdoso, debido á la presencia del silicato de hierro ó clorita en granos, estableciendo el tránsito á la creta verde ó clorítica llamada *tuffeau* por los franceses. En varios puntos de Norfolk (Inglaterra) se presentan en la creta gruesos pedazos de silex, llamados potstones (marmitas de piedra), que en vez de formar bancos horizontales se presentan constituyendo especies de pilares verticales atravesando las capas de la creta hasta una profundidad desconocida.

Los italianos llaman *scaglia* á la creta blanca, y afecta los indicados caractéres en los diversos puntos en que se encuentra. No así en Alemania, y particularmente en Sajonia, donde se halla representada por capas de una caliza blanca muy dura, que pasa á una roca compacta, á veces de aspecto de arenisca, que ha recibido el nombre de planerkalk, intercalada entre varios bancos horizontales y de grande espesor, de una arenisca muy consistente, que ofrece varias hendiduras ó planos de juntura que la cuartean en fragmentos regulares, y de la que se sirven para la construccion. Esta arenisca, á la que se le ha dado en el país el nombre de quadersandstein, se descompone con facilidad, comunicando á las montañas formas muy caprichosas, como se puede ver en toda la Suiza sajona.

Los fósiles característicos de la creta blanca son: en el horizonte superior, el belemnites ó belemnitella mucronata, el baculites anceps, el inoceramus Lamarkii, la ostrea vesicularis, el ananchytes ovata, el micraster cor-anguinum, y otros varios. En la zona de la creta blanca inferior adquieren mucho desarrollo las conchas llamadas rudistas, y particularmente los hippurites, por cuya razon puede decirse que constituyen un horizonte muy notable.

La creta blanca inferior va adquiriendo, poco á poco, el color verdoso que le comunica el silicato de hierro, llegando hasta tal punto el desarrollo de este elemento mineralógico, que adquiere el carácter de materia esencial á su composicion. En este caso, ya la creta constituye otro horizonte que es el de la creta verde, ó de la glauconia cretosa. En algunos puntos, este piso de la creta superior está representado por arenas y areniscas, que tambien reciben la denominacion de verde por el color que afectan. En Alemania este piso se llama quadersandstein inferior, y se halla representado por areniscas consistentes, que se destinan para la construccion.

En Inglaterra la arenisca verde superior consta de capas margosas y calizas de color verdoso, á veces tan duras, que se emplean en las construcciones que han de resistir á la accion del fuego, y de aquí el llamarse piedras de fuego.

La parte inferior de este piso ha recibido el nombre de gault en Inglaterra, y de planerkalk inferior en Alemania. En el primero de los indicados países se halla representado por una serie de capas de marga azul oscura, cargada tambien de sustancia verde y de arenisca de este color, con varios fósiles de formas extrañas, entre los cuales figuran los hemites y scaphites. En algunos puntos del Reino Unido, como en Farnhame, este piso contiene en abundancia el fosfato de cal, procedente sin duda de la destruccion de coprolitos ó excrementos fósiles de peces, y se destina al abono de las tierras.

Tambien es importante bajo el punto de vista del terreno

cretáceo y de sus relaciones con el de la molasa, la localidad de la Perte du Rhône, que visité en 1851, donde, segun el Sr. Renevier, se encuentra en el mismo corte desde el diluvio y la molasa hasta el neocómico, hallándose representados los pisos superiores al Gault, el áptico superior é inferior y el neocómico, ó sea la caliza de pteroceras y la de caprotinas.

La extension y uniformidad de caractéres con que se presenta en Europa el terreno cretáceo superior, es muy notable, y puede citarse como uno de los rasgos que mas distinguen á este grupo. Con efecto, la creta, particularmente la blanca, puede seguirse, segun Lyell, desde la Irlanda septentrional hasta la Crimea, en una extension de 1,500 kilómetros, y desde el sur de Suecia hasta mas acá de Burdeos en una longitud de 1,100 kilómetros. En el centro y norte de Francia ocupa vastas regiones, encontrándose á veces al descubierto, constituyendo la base de una tierra vegetal estéril, como sucede, por ejemplo, en la Champagne, donde á fuerza de trabajo se cultiva la vid que da el exquisito vino, tan conocido y estimado en todo el orbe.

Los demás pisos de la creta superior no ofrecen esta uniformidad de caractéres y de distribucion, representándose mas bien en manchones sueltos en los puntos mencionados.

En España, que yo sepa, no se ha encontrado hasta hoy la caliza pisolítica; pero la creta blanca y la verdosa ó clorítica, llamada *tuffeau* por los franceses, se halla muy desarrollada, á juzgar por los fósiles que contienen en varios puntos de Aragon, y especialmente en la Muela de San Juan, cerca del Guadalaviar, entre Calomarde y Frias, en Cuenca, en Somolinos, cerca de Atienza, y en otros varios. En la provincia de Castellon se encuentran representados los pisos de la creta blanca inferior, de la arenisca verde superior y del gault, en varios puntos como en Cinctorres, Morella, Cuevas, Alcalá de Chisvert y en otros, si bien los pisos mas desarrollados son el áptico y neocómico.

En la Torre de Marin, entre la Iglesuela y Cantavieja (Teruel), existe una caliza de color rojo, de estructura celular, con muchos fósiles y en especial hippurites característicos de los horizontes de rudistas de D'Orbigny, que segun acabamos de indicar, corresponden á lo que él mismo llamó pisos turoniense y cenomaniense.

En muchos de los indicados puntos de Aragon, el terreno cretáceo superior está compuesto de dos órdenes de capas: el superior de caliza blanquecina, mas ó menos cretosa, con algun nódulo de pedernal; y el inferior de arenas y areniscas blancas ó amarillentas, conteniendo á veces muchos guijarros de sílice redondeados y algo pulimentados, y como materia subordinada algunas capas de lignito, como sucede en Uña del Júcar, en Guadalaviar, en Rosas, etc., donde está en explotacion. Los cortes, trazados por el ilustre Verneuil, aclararán la disposicion de estos materiales en dichos puntos (figuras 124 y 126).

Como complemento ilustrativo del horizonte superior cretáceo, véase la fig. 136.

TERCER PERÍODO—CENOZÓICO

ETIMOLOGÍA.—La notoria semejanza que entre la fauna y flora de este período y las del terreno cuaternario y moderno existen, autorizan la denominacion que lleva, derivada de *cainos*, reciente y *zoos*, animal; así como el nombre de terciario con que tambien se distingue, indica ser esta la tercera grande época de creacion orgánica.

SINONIMIA.—Montañas terciarias de Arduino.—Terreno terciario, Cuvier y Brongniart.—Grupo supracretáceo, Delabeche.—Terreno supracretáceo, Huot.—Superior órden, Konybeare.—Parte del periodo terciario, Lyell.—Terreno de la época paleotérica, Cordier.—Segunda formacion arenácea terciaria y segunda caliza terciaria y aluviones antiguos, Boué.—Terrenos terciarios, la mayor parte de los autores modernos.

CARACTER MINERALÓGICO.—Este terreno consta esencialmente de caliza, arcilla, arenas y areniscas ó asperones de silex molar, conglomerados y brechas de distinta naturaleza, dispuestos en capas perfectamente estratificadas, alternando entre sí repetidas veces, y conteniendo como sustancias accidentales y subordinadas el lignito, el hierro piciforme, sulfatos de sosa y de cal, etc.; limitadas por el terreno cretáceo por abajo y por los depósitos irregulares de la época cuaternaria por arriba. Las traquitas, los basaltos y lavas, intactas ó descompuestas, con las rocas resultado de esta alteracion como cenizas, tobas volcánicas, peperinos, y otras, entran tambien como elementos esenciales en muchos puntos, y contemporáneos ó posteriores á este terreno. Otro tanto puede decirse de algunos granitos, cuya aparicion del fondo de la tierra llegó á dislocar sus estratos, entre los cuales se halla intercalado, como se ve, por ejemplo, en la isla de Elba.

CARACTER ESTRATIGRAFICO.—Aunque el levantamiento de los Pirineos afectó á un tiempo, segun se cree, los materiales de los terrenos cretáceo y terciario inferior, sin embargo, por efecto de otras oscilaciones del suelo ocurridas entre estos períodos geológicos, se observa en muchos puntos una verdadera discordancia de estratificacion entre los estratos de ambos, sirviendo en general los cretáceos de base á los terciarios, excepto en aquellos puntos en que por efecto de la accion violenta de estos movimientos terrestres se ha verificado una verdadera inversion, como en el caso citado por Verneuil, cerca de Haro, donde las capas del terreno cretáceo descansan sobre las del terciario medio.

El sistema de los Alpes principales marca por arriba, en una parte de la Europa occidental, el principio del período cuaternario, determinando el límite estratigráfico del terreno terciario. Otros levantamientos se verificaron en el largo espacio de tiempo que caracteriza este período de la historia física del globo; accidentes que interrumpieron repetidas veces la formacion de sus depósitos, imprimiendo un sello particular á sus diferentes pisos, como veremos al establecer su division y al trazar la historia de cada uno de sus tres grupos principales.

CARACTER PALEONTOLÓGICO.—El carácter paleontológico de este terreno, aunque en tésis general se le llama paleotérico, por ser los paleoterios muy comunes y exclusivos á él, consiste en ser el de la primera aparicion de casi todos los órdenes de los mamíferos monodelfos, cuadrumanos ó monos, carniceros, anfibios, roedores, paquidermos, desdentados, rumiantes y cetáceos; la mayor parte de las aves y el órden de las culebras y de las ranas entre los reptiles, aparecen tambien en él por primera vez: algunos peces, y muchos crustáceos y zoófitos. La clase que mas distingue, sin embargo, á este como á los demás terrenos de sedimento, es la de los moluscos, entre los cuales muchos tienen grande analogía con los que viven hoy, dominando principalmente los llamados gasterópodos, por hallarse dotados de un apéndice carnoso en el vientre, que les sirve para la locomocion. La mayor parte de los de este grupo, dichos moluscos por tener el cuerpo blando, se hallan contenidos dentro de una concha univalva casi siempre arrollada en espiral. El caracol comun es el mejor tipo que puede citarse.

DISPOSICION DEL TERRENO TERCIARIO.—En el antiguo continente el terreno terciario se presenta en general en forma de manchones limitados por las cordilleras

de montañas, que ya en el período anterior, y mucho mas en este, adquirieron formas mas pronunciadas y mayor número de accidentes topográficos. Por lo comun se encuentran siguiendo el curso de los grandes rios, formando cuencas circunscritas y rodeando á veces los mares interiores, como el Mediterráneo, el Caspio y Negro, extendiéndose en las regiones litorales de los continentes, en cuyas anfractuosidades se les ve formar especies de bahías ó golfos del mar mismo, en cuyo seno se depositaron sus materiales. Las formaciones fluviátiles y lacustres, que apenas tienen importancia en períodos anteriores, no solo adquieren en el terreno terciario un desarrollo extraordinario, sino que con frecuencia alternan entre sí, segun se observa en los alrededores de Paris.



Fig. 130.—Hela speciosa



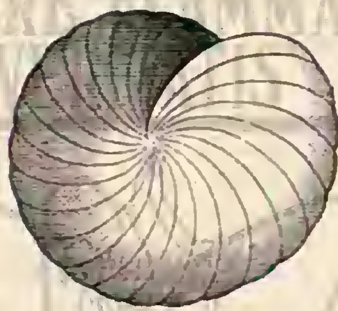


Fig. 131.—Nummulites planulata

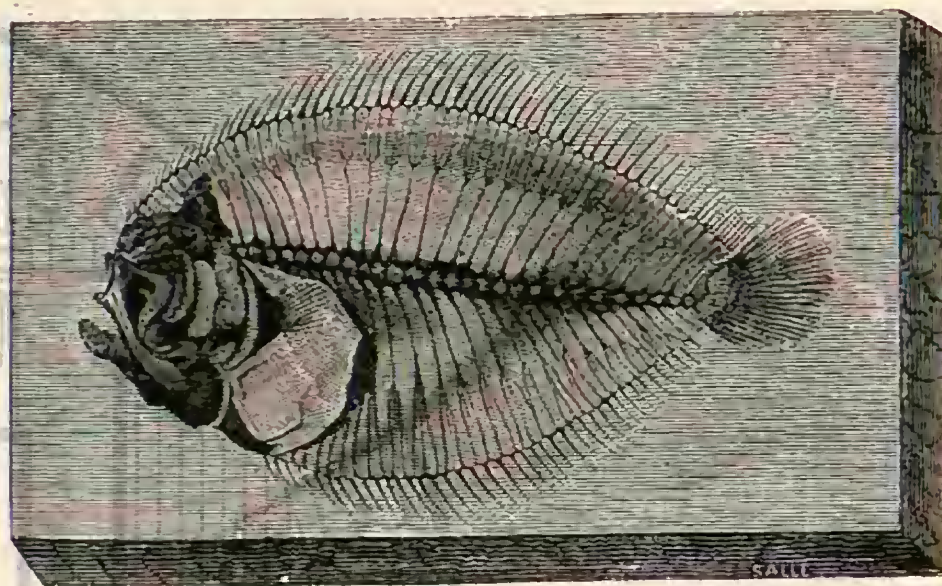


Fig. 132.—Rhombus minimus



Fig. 133.—Cabeza del dinotherium



Fig. 134.—Cancer macrocheilus

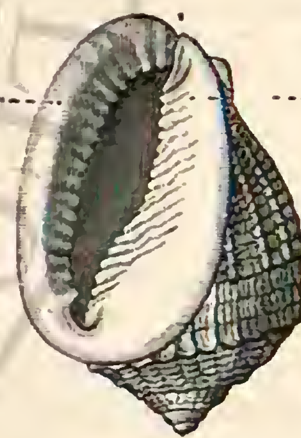


Fig. 135.—Cassis cancellata

EXTENSION Y DISTRIBUCION GEOGRÁFICA.—Limitándonos por ahora al centro del continente europeo, el terreno terciario constituye en Inglaterra y Francia, particularmente en esta, cuatro cuencas muy características, y son: 1.ª Anglo-parisiense, Paris, Lóndres y Bélgica. 2.ª Ligeriana ó de la Turena. 3.ª Pirenáica, Dax y Burdeos. Y 4.ª Mediterránea, alrededores de Montpeller.

En Suiza, Alemania, Italia y Rusia, y en el continente asiático y africano, existen muchos depósitos terciarios sumamente curiosos, que tendremos ocasion de citar.

En la Península, prescindiendo de los manchones marinos y lacustres que existen en varias provincias del este y sur, el terreno terciario forma dos grandes cuencas, representadas por las mesetas de ambas Castillas, con caractéres bastante análogos de composicion, accidentes orográficos y sello que imprimen á la agricultura. En la Memoria que leyó en la Academia de Ciencias en 1850 el Sr. Luxán, distingue cuatro distritos terciarios en la parte central y meridional de la Península, á saber: 1.° el de la cuenca del Guadalquivir; 2.° el del Guadiana, en Extremadura; 3.° el de Toledo y Madrid, el cual comprende á manera de golfos los montes de Toledo, sierra de Gredos y Guadarrama; y 4.° el de la Mancha.

DIVISION DEL TERCIARIO.—La mas comunmente admitida por los autores es en tres pisos, que de abajo arriba son: eoceno, mioceno y plioceno, expresiones que se fundan en la creciente analogía que se nota entre la fauna de cada uno y la actual.

ESPESOR DEL TERCIARIO.—Segun los cálculos mas aproximados, este terreno alcanza sobre 3,000^{m} de espesor distribuidos asi: eoceno ó inferior 2,000^{m}, mioceno 400^{m}, plioceno ó superior 600^{m}.

PRIMER PISO—*Eoceno o nummulítico*

SINONIMIA.—Terreno terciario, de muchos autores.—Eoceno, Lyell.—Piso paleotérico, Cordier.—Pisos suesónico y parisiense, D'Orbigny.—Arenisca de fucoides y caliza nummulítica, de varios autores.—Terreno del flich, de los suizos, etc.

CARACTER MINERALÓGICO.—Este terreno, llamado nummulítico por el gran desarrollo que en él adquieren los fósiles dichos nummulites, y eoceno por el escaso número de especies idénticas á las actuales, consta de muchas capas de calizas, silex molar, arcillas, arenas, conglomerados silíceos y algunos bancos subordinados, de lignito, masas empotradas de sal comun y otras sustancias.

CARACTER ESTRATIGRÁFICO—En aquellos puntos en que la serie no está interrumpida, descansa en estratificacion discordante sobre el terreno cretáceo, y sirve de base al mioceno, afectando en muchos puntos discordancia en sus respectivos estratos, determinada, al parecer, por el levantamiento de Córcega y Cerdeña.

Caracter paleontológico. — La abundancia con que se presentan en este horizonte las especies de foraminíferos conocidos con el nombre de nummulites, lo caracterizan hasta el punto de darle su nombre: tambien pueden considerarse peculiares al eoceno, entre los mamíferos, los paleotherium y antracotherium, los murciélagos, que aparecen en él por primera vez, y los cetáceos. Se encuentran algunas aves de rapiña; pero lo que particularmente caracteriza este piso es el número extraordinario de moluscos, sobre todo de gasterópodos, tanto marinos como lacustres. Entre las plantas son abundantes y características varias especies de algas, que han recibido los nombres de fucus ó chondrites y munsteria. Bajo el punto de vista paleontológico, el terreno cuya descripcion estamos haciendo, goza de gran celebridad, no solo por el aspecto particular de su fauna y flora, sino tambien por haber sido el que suministró al gran Cuvier los huesos de mamíferos que con tanta sagacidad supo restaurar, siendo este descubrimiento el verdadero punto de partida de la ciencia paleontológica.

Como ilustracion de este carácter véanse las figuras 125, 129, 131, 132 y 135.

Division del eoceno. — Los siguientes cuadros darán una idea clara de la composicion y division de este horizonte, al menos en el centro de Europa.

CLASIFICACION DEL TERRENO EOCENO, SEGUN ARCHIAC

GRUPOS	INGLATERRA	BÉLGICA	FRANCIA
Caliza silícea lacustre media.	Capas lacustres de Hordwell, de la isla de Wight y bancos fluvio-marinos subordinados.. . .	Arenas de Diest. .	Arcilla y silex molar, marga y caliza margosa con sílice diseminada ó en nódulos sueltos. Margas verdes. Yeso y margas yesosas. Margas y calizas.
Arenas y areniscas medias..	Arenas de Bagschot, de Headen-Hill y de Hordwell. .	Arenas y arcillas conchíferas de Limburgo. . .	Caliza marina. Arenisca. Arenas.
Caliza basta. . .	Arcilla de Lóndres. . . .	Grupo areno-calizo. . .	Margas. Caliza basta superior. Idem media. Idem inferior.
Arenas inferiores..	Arcilla plástica.	Grupo cuarzo-arenoso.	Arenas cloríticas. Lechos conchíferos Arenas. Arenisca pudinga y arenas fosilíferas.. Capas arenosas, banco de ostras, margas lacustres con lignito, arcilla plástica. Glauconia ó caliza clorítica inferior, caliza lacustre inferior, pudingas y arcillas.

NUEVA CLASIFICACION DEL EOCENO, SEGUN LIELL

	INGLATERRA	Equivalentes fuera de Inglaterra y sinonimia
EOCENO inferior	1. Lechos de Bembridge, isla de Wight. 2. Serie de Osborne. . — de Headon. . 4. Arcilla de Barton. .	1. Serie yesosa de Montmartre. 2 y 3. Caliza silícea ó travertino inferior. 4. Arenisca de Beauchamp ó arenas medias. 4. Capas de Lacken (Bélgica)
EOCENO medio	1. Capas de Bagshot y de Bracklesham. . 2. Falta en Inglaterra	1. Caliza basta de Paris 2. Arenas superiores de Soissons. 1 y 2. Formacion nummulítica de Europa, Asia, etc.
EOCENO superior	1. Arcillas de Lóndres y lechos de Bognor 2. Arcillas plásticas y lechos de Wolwich 3. Arenas de Thanet..	1. Falta en la cuenca de Paris; se encuentra en la Flandes francesa, en Casselt. 2. Arcilla plástica y lignito. 3. Parte del landenico inferior de Bélgica.

Cuenca de Paris. — La cuenca de Paris ofrece un tipo acabado del terreno eoceno, no solo bajo el punto de vista del variado número de formaciones que lo constituyen, sino tambien por la gran riqueza en fósiles; no bajando de 2,000 las especies, solo de moluscos, que hasta el presente ha ofrecido al estudio.

Además la cuenca de Paris ofrece un hecho curioso y de la mayor trascendencia, á saber: la alternancia y si se quiere simultaneidad de formaciones marinas, lacustres y hasta terrestres, como lo demuestran los fósiles que contienen.

Cuenca de Lóndres. — Aunque los alrededores de Lóndres deban considerarse como parte de la cuenca de Paris, por efecto de causas que no es de este lugar discutir, solo está representado en varios puntos el terreno eoceno, por arcillas plásticas, arenas arcillosas y arenas cloríticas.

Suiza. — En Suiza este horizonte adquiere gran desarrollo, no solo en extension, sino en sentido vertical: llegando en algunos puntos á constituir montañas de 2 y 3,000 metros de altura, como en el Kamor, en el canton de Appenzel, y en la montaña llamada de los Diablerets.

Vicentino. — En el Vicentino, entre Milan y Venecia, y en especial en el punto llamado Ronca, á cuatro leguas al norte de Vicenza, el terreno eoceno está compuesto de grandes bancos de toba basáltica, alternando con otros de caliza y corrientes de basalto, con un número extraordinario de fósiles, la mayor parte idénticos á los de Paris. La descripcion de esta cuenca, debida al ilustre Brongniart, publicada en 1823, es un dato curioso para la historia de la Paleontología, pues fué la primera en que se demostró la contemporaneidad del mismo terreno en dos puntos tan distantes por la existencia de las mismas especies fósiles.

Eoceno español. — Tratándose del eoceno español, no puedo menos de indicar, aunque sea someramente, el resultado de las observaciones hechas por el doctor Vezian en el territorio de Cataluña, publicadas en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia* en abril de 1858. El gran des-

arrollo que allí adquiere el horizonte en cuestion, hace decir á este ilustre geólogo que puede considerarse como el tipo mas acabado y extenso del período nummulítico antepirenáico; obligándole esta circunstancia á adoptar nombres de localidades catalanas para designar sus diferentes pisos. Primero lo divide en dos grupos, superior é inferior; aquel caracterizado por la pobreza de su fauna, por la falta de nummulites y la abundancia de *fucus*, por cuya razon se puede llamar horizonte de *fucoides* y de Rubió, cerca de Igualada, por la localidad; sus rocas en general son detríticas: el grupo inferior es el que propiamente debe llamarse nummulítico por la abundancia con que se presentan en él los nummulites. Este lo divide Vezian á su vez en dos partes: las superior, que es la region ó zona esencialmente nummulítica, y consta de los pisos de Manresa, de Igualada y de Castellvell y Castelloli; y la inferior, que corresponde al piso de Montserrat, y puede considerare como la aurora de la era nummulítica.

Distribucion geografica.—El grupo nummulítico en la Península ofrece un hecho muy curioso y de grande importancia industrial, á saber: la presencia de masas considerables de sal comun empotradas en sus estratos, como se ve en Peralta, y principalmente en las famosas minas de Cardona. Este hecho no es, sin embargo, exclusivo de la Península, pues las famosas minas de sal de Wielitzka, no léjos de Cracovia, y otras muchas, pertenecen igualmente á este terreno.

En el valle de Cardona dos masas enormes de sal gema, aparecen enclavadas ó empotradas en medio de bancos de areniscas y de margas rojizas, asociadas á las calizas nummulíticas, características de este horizonte. Las capas de areniscas se levantan por todos lados hácia la masa de sal, en inclinacion variable de 20 á 25°: demostrando el minucioso y detallado estudio de la naturaleza de las areniscas y de las margas, que no son siempre las mismas capas las que apoyan en la sal; de consiguiente, no puede suponerse que esta forme especies de masas lenticulares enormes enclavadas en el terreno mismo, y alrededor de las cuales las capas se colocaron como están hoy. De cuyas circunstancias deducen algunos que la sal es enteramente extraña al terreno, y que debe considerarse como la causa del levantamiento que en Cardona se observa. Algunas particularidades que ofrece tan singular criadero, hacen desistir, no obstante, segun Coquand, de esta idea por mas ingeniosa que á primera vista parezca.

Distribucion geografica.—La del terreno terciario inferior ó nummulítico es muy curiosa, ocupando una zona que rodea el Mediterráneo desde nuestra Península y costa de Marruecos, por el lado de Africa hasta Egipto, y por el otro hasta la Estiria, Crimea y Asia menor; bordeando el continente europeo por esta parte y haciendo alguna irrupcion en el interior de la India, en el Tibet, en cuya parte occidental ha encontrado Thomson nummulites á 5,000 metros de altura, en Polonia, en el norte de Francia, en Bélgica é Inglaterra.

En España forma tres zonas: la primera se extiende desde Navarra hasta la costa de Cataluña, siguiendo la pendiente occidental de los Pirineos; siendo notables entre otras las localidades de Montserrat por la altura que alcanza (sobre 1,234 metros, segun Verneuil), y por la forma singular de la montaña, á la que debe su nombre, y Cardona por las minas de sal. La segunda zona corre desde Navarra hasta Asturias, siguiendo la ramificacion de los Pirineos; en ella están comprendidas las salinas de Peralta: y la tercera en el antiguo reino de Valencia, particularmente en la provincia de Alicante, donde se presenta en estratos muy inclinados de calizas duras, constituyendo montañas de bastante elevacion y de accidentes curiosos.

El terreno nummulítico de esta region se presenta tambien en manchones aislados en los alrededores de Málaga, segun las observaciones del señor Maestre; en Gualchos al Este de Motril, segun Verneuil, y en otros puntos.

Materiales útiles.—El terreno terciario inferior es uno de los mas ricos en el concepto agrícola é industrial: las calizas basta y silícea; el silex molar y las areniscas como piedras de construccion y de molino, tambien para el empedrado; la arcilla plástica para la alfarería y como base de las cales hidráulicas artificiales; las margas, que tanto abundan, constituyen el mejoramiento por excelencia de las tierras vegetales: por último, el lignito, el yeso y principalmente la sal comun, son de un uso tan general, que su presencia bastaria á dar importancia á este terreno.

TERCIARIO MEDIO, MIOCENO Ó DE LA MOLASA

Vamos á describir un horizonte terciario, en el que por lo menos hay indicios de un suceso extraordinario, indicado por primera vez por dos curas franceses que, contra lo que sucede en España, se ocupan en esta clase de estudios; hecho ó descubrimiento que, siquiera no haya merecido aun la unánime sancion de los hombres de ciencia, no puedo menos de indicar, en atencion á su reconocida trascendencia. Me refiero al hallazgo entre los materiales de este terreno en la Turena, de utensilios y armas de piedra, que si en realidad son obra del hombre, como autoridades respetables lo creen, haria remontar la aparicion de nuestra especie á una fecha remotísima. Al describir el terreno cuaternario entraremos en mas pormenores sobre este asunto.

Sinonimia.—Piso de la molasa, del falun y del crag, Cordier.—Terreno terciario medio, falun y silex molar, Dufrenoy y E. de Beaumont.—Piso medio de los terrenos supracretáceos, Huot.—Parte de los terrenos clísmicos detríticos y los izemínicos talásicos, Brong.—Arenisca conchífera del Nagelfluh, Studer.—Sistema tóngrico, rupélico y boldérico, Dumont.—Falun de la Turena, falun y molasa de otros autores, etc.

Definicion.—El horizonte falúnico, así llamado por el desarrollo que en él adquiere la roca que llamamos falun, comprende una serie de capas de materiales muy diversos, contenidos entre el horizonte anterior y el eoceno ó nummulítico.

Caracter mineralógico.—La composicion mineral de este terreno varía bastante en los distintos puntos en que lo examinemos, razon por la cual creemos preferible referirnos á la que en cada cuenca presenta.

Caracter estratigrafico y division.—El terreno falúnico se encuentra situado entre el sistema de los Alpes occidentales, que lo separa por arriba del sub-apenino, y el de Córcega y Cerdeña que establece su discordancia con el nummulítico. Pero la formacion de sus estratos fué interrumpida en algunos puntos, segun se cree, por los levantamientos del Sancerrois y de la isla de Wight, lo cual ha contribuido á la division que generalmente se admite en este terreno, en tres pisos: superior ó falun propiamente dicho; medio ó molasa lacustre y marina; é inferior, arenas y areniscas de Fontainebleau y lignitos de Cadibona.

Caracter paleontológico.—Los fósiles que caracterizan el terreno mioceno son: entre los mamíferos, los monos, que aparecen en él por primera vez representados por el género pitecus; los mastodontes, dinoterium, restos de ballenas, castores, focas y manatis. Algunas aves, como tordos y cuervos; varias especies de culebras, ranas y

salamandras entre los reptiles y anfibios; gran número de conchas, particularmente univalvas, erizos de mar y zoófitos.

Entre las plantas predominan las leguminosas, algunas palmas gramíneas, y un escaso número de helechos, musgos, hongos y algas.

La mayor parte de estos séres pertenecen á especies perdidas; las análogas puede decirse que solo habitan hoy las regiones intertropicales, lo cual claramente indica la índole particular del clima y de las demás condiciones biológicas que durante su formacion debian reinar en las regiones que actualmente ocupa.

Como complemento del carácter paleontológico, véanse las figuras 128, 130, 133 y 134.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA. — Este terreno se halla muy desarrollado en el globo, pudiendo citarlo en nuestro continente en muchos puntos de Francia, particularmente en la Turena, en los alrededores de Burdeos, Dax, Montpeller, Auvernia, etc.; en Suiza está representada por el horizonte de la molasa; en Alemania se encuentra hasta en Viena, cuya cuenca del Danubio es por cierto muy importante; en Asia menor alcanza un desarrollo extraordinario, etc., y en cuanto á la Península, forma las mesas de ambas Castillas y además gran parte de las cuencas del Ebro, del Guadalquivir, del Turia, etc.

DESCRIPCION. — Empezando por el que se relaciona con el orígen del hombre, hé aquí el órden con que se suceden los materiales en Thenay (Turena), donde por primera vez el abate Burgeois encontró los sospechados vestigios de la existencia de aquel: de abajo arriba: 1.° arcilla con pedernal, pero sin instrumentos labrados; 2.° mezcla de marga lacustre y arcilla con útiles de pedernal; 3.° arcilla, principal yacimiento de los utensilios de piedra; 4.° marga con nódulos calizos y útiles de silex; 5.° margas arcillosas con acrotherium y algunos escasos silex labrados; 6.° caliza margosa de la Beauce sin silex; 7.° caliza compacta de idem, tambien sin pedernales labrados; 8.° arenas del Orleanés, con silex tallados; 9.° falun con instrumentos de pedernal; y 10.° aluviones cuaternarios con instrumentos del tipo de Saint-Acheul y otros pulimentados.

Alguna prueba mas puede aducirse en favor de esta idea, pues en Auvernia parece que Mr. Tardy encontró en 1869, y dió cuenta en enero del 70 á la Sociedad geológica de Francia, de instrumentos labrados en piedra en un horizonte equivalente al de la Turena (1).

TERCIARIO MEDIO DE PARIS. — En los alrededores de Paris, este terreno, que algunos consideran como eoceno superior, se halla representado por calizas lacustres, arenas, arcillas, margas y lignito.

MIOCENO DE VIENA.—En Viena este terreno se halla muy desarrollado, formando parte de la cuenca del Danubio, accidentada por colinas de escasa elevacion.

MOLASA SUIZA.—En Suiza el mioceno ha recibido el nombre de terreno de la molasa, por ser esta la roca dominante; constituye la risueña llanura limitada por los Alpes y la cordillera del Jura, viéndose en muchos puntos cubierta por los materiales del período cuaternario y asurcada por las grandes arterias del Rhin, Ródano, Aar y otras, con sus afluentes. Las localidades mas curiosas son: Berna, que tiene su asiento sobre la molasa y sus alrededores, particularmente sobre la colina de Belberg, muy rica en fósiles. En el canton de Saint-Gall, las orillas del lago de Constanza y hasta el canton de Apenzel; las preciosas colinas de Lausana, cuyas bases se pierden en el lago de Ginebra, pertenecen tambien al piso llamado de la molasa. Allí esta roca característica se halla dispuesta en capas unas veces horizontales, otras mas ó menos oblícuas, generalmente reposando sobre grandes masas, tambien estratificadas, del nagelfluh ó gonfolita, especie de conglomerado que ya dimos á conocer y que completa por abajo el terreno mioceno.

Generalmente en esta region el terreno terciario medio se presenta en colinas redondeadas, de pendiente suave y algo entrecortadas, cubiertas por lo comun de una sorprendente y rica vegetacion. Sin embargo, en el canton de Lucerna constituye la famosa montaña del Righi, de 1,900 metros de altura, compuesta de molasa y nagelfluh en capas muy inclinadas.

MIOCENO ESPAÑOL.—En España hállase representado por formaciones marinas y lacustres muy desarrolladas. Estas ocupan la parte central de la Península, constituyendo las mesas de ambas Castillas, á las que comunica caractéres orográficos y agronómicos muy análogos. Las calizas silíceas cavernosas con planorbis, lymneas y paludinas (Colmenar Viejo); las margas, arcillas y areniscas, con yesos y huesos fósiles (Madrid, Burgos y Valladolid); y las arcillas areniscas y conglomerados ó nagelfluh (Madrid, Valladolid y Trillo), se hallan dispuestas en capas.

No se crea, sin embargo, que el mioceno lacustre está reducido á las dos grandes regiones indicadas; tambien se encuentra en otros puntos, ora aislados, ó en relacion con las dos cuencas citadas, y con caractéres dignos de llamar la atencion.

En primer lugar es notable por su posicion el indicado por Ezquerra y Prado en Barahona, pues segun Verneuil, este manchon podria hacer sospechar la comunicacion entre los lagos que en el período mioceno ocupaban las dos Castillas, y que se hallaban separados por la cordillera de Guadarrama.

La gran cuenca de Castilla la Vieja parece ramificarse ó enlazarse con la del Ebro, segun el citado geólogo, por el estrecho de Burgos. En las provincias Vascongadas, en Navarra y en las de Logroño, Zaragoza, y Teruel, ofrece este terreno mucha importancia por su desarrollo y accidentes particulares. En los alrededores de Haro se halla representado por la molasa, alternando con calizas lacustres y pudingas de cantos del terreno nummulítico, en capas onduladas, que indican haber sufrido la accion violenta de algun levantamiento.

La molasa, de color gris y de poca consistencia, adquiere en algunos puntos gran desarrollo (de 300 á 400^{m} sobre el rio, entre San Vicente y Pecina), y ofrece en varias localidades, como en Valtierra, Remolinos, Añana, etc., masas considerables de sal, yeso y sulfato de sosa.

Sin salir de esta cuenca, debemos citar dos localidades importantes; la una por el número considerable de huesos fósiles que contiene, y es Concud, situado á una legua al noroeste de Teruel, y la otra Libros. Estas dos localidades pertenecen, segun Verneuil, á una formacion que se extiende por la Muela del Oro, entre Buñol y Cofrentes, hasta Gijona y Alcoy, en donde precisamente se encuentran los mismos huesos fósiles que en Concud en los materiales que acompañan al lignito, que se explota con bastante éxito. En Libros el terreno es esencialmente lacustre, compuesto de bancos de caliza blanca margosa y arcillas impregnadas de azufre, que se beneficia; descansando todo este sistema en estratificacion discordante sobre el terreno cretáceo, bastante rico en fósiles. Una de las circunstancias que dan interés á esta localidad es, que el azufre, no solo rellena el interior de los planorbis y lymneas, que se encuentran en número prodi-

(1) Los que deseen mas ilustracion en este asunto, pueden consultar mi obra sobre el *Orígen y antigüedad del hombre*, publicada en 1872.

gioso, sino que hasta llega á ser en muchos la materia fosilizadora de dichas conchas.

En Alfambra, llega el mioceno á 1,472ᵐ, altura que, segun hace observar Verneuil, solo alcanzan las formaciones terciarias del Asia Menor, conforme á los datos suministrados por Tchihatcheff.

En Valencia, este horizonte se halla muy desarrollado, ofreciendo circunstancias muy curiosas. Así, por ejemplo, en Niñerola, á dos leguas al oeste de Valencia, se observa en una de las laderas de la cañada, una serie de bancos de areniscas y calizas casi perfectamente horizontales, con un número prodigioso de la ostrea crassissima, y balanus á ellas adheridos, y en la opuesta, formando colinas, varias capas de caliza lacustre llena de planorbis y lymneas, la cual ha sufrido una metamorfósis completa, convirtiéndose en alabastro de superior calidad.

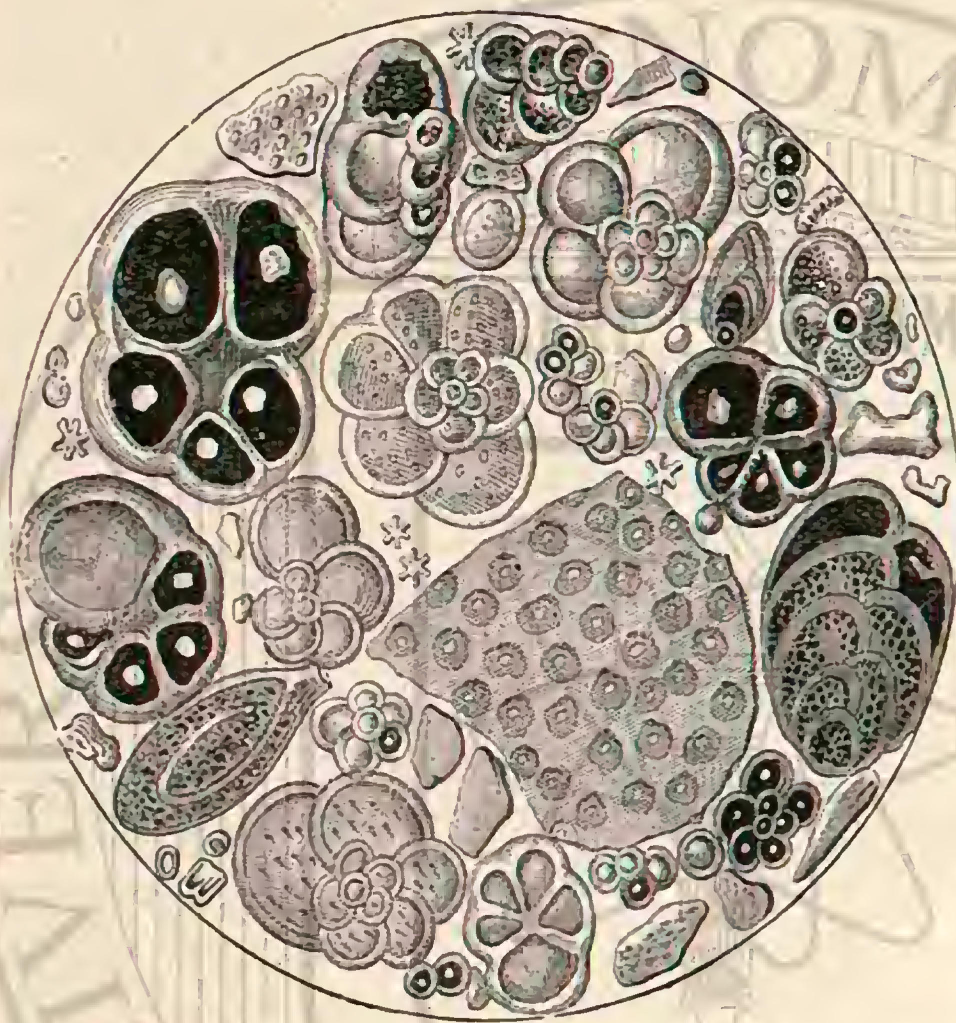




Fig. 136.—Vistas microscópicas de la creta

En el pueblo de Lallosa, cerca de Játiva, y otros puntos, ofrece un accidente singular, y es el encontrarse la formacion lacustre representada por capas algo inclinadas de caliza y margas azuladas, alternando con vetas de lignito, con planorbis, lymneas y neritinas, é inmediatamente despues, y sin una verdadera línea de separacion, bancos de caliza y arenisca pertenecientes á una formacion marina, á juzgar por las ostras y moldes de Vénus ó Citereas que en ellas se encuentran. En el valle de Albaida se halla representado por margas blancas y azules, llamadas en el dialecto del país *llacorella*, las cuales ocupan una extension considerable y ofrecen circunstancias muy curiosas, entre las cuales es digna de atencion la observada por mí junto al pueblo de Quatretonda, reducida á la mezcla en el mismo horizonte de fósiles terciarios marinos, y en especial del clypeaster crassicostatus, con la ostrea Matheroniana y otras especies pertenecientes al terreno cretáceo. Hecho es este que se da la mano con las famosas colonias silúricas de Bohemia, y del cual dí cuenta á la Sociedad Geológica de Francia en la reunion extraordinaria celebrada en Paris en 1867 con motivo de la Exposicion.

Las formaciones marinas, representadas en unos puntos por capas horizontales de caliza (alrededores de Alicante), en otros por bancos inclinados de areniscas con muchos fósiles (Monjuich), etc., solo ocupan el litoral, avanzando en Andalucía hasta Andújar, Linares y la Carolina.

En la provincia de Murcia adquiere gran desarrollo, constituyendo en general, segun Verneuil, páramos muy tristes por su aridez. Entre los puntos mas curiosos debe citarse Lorca, donde el terreno terciario está formado de bancos de arcillas y margas bituminosas con azufre y peces fósiles, y de capas de molasa con el clypeaster altus y la ostrea crassissima, que segun el citado geólogo ocupan la base. Tal vez las capas superiores pertenezcan al terreno plioceno. Otro de los puntos notables para este horizonte es Hellin, famoso por las numerosas capas de azufre, por la dusodila y el sulfato de magnesia y sosa que entre sus materiales se encuentran. Esta formacion penetra hasta Almansa, el Bonete y Chinchilla, donde forma la montaña sobre que tiene su asiento el pueblo y el castillo, y consta en la base de bancos de arena blanca y marga, cubierta por capas sensiblemente horizontales de caliza, en cuyo seno encontró Verneuil varios fósiles marinos característicos. Desde este punto y Albacete se extiende hasta las Peñas de San Pedro y Vianos, cerca de Alcaraz; tambien se encuentra en Veas, Masegosa y Villarrubia.

La caliza lacustre de este piso suministra excelentes piedras de sillería, que se tallan con facilidad y producen muy buen efecto. Los arquitrabes, basamentos y chapiteles de las columnas, que tanto hermosean el palacio real en Madrid, son de piedra de Colmenar, la cual se emplea tambien en la escultura basta, como puede verse en las estatuas del Retiro y plaza de Oriente.

La molasa suministra igualmente buenos materiales de construccion; las areniscas, como la de Monjuich, por ejemplo, se explotan para el empedrado y para piedras de molino, de las que se surte toda Cataluña, Valencia y gran parte de la costa del Sur. Igual destino se da al silex, que precisamente ha merecido el nombre de molar por el uso á que se le destina. Tambien se emplea como piedra de construccion.

Entre las rocas sueltas, el falun se destina para abonar las

tierras ligeras, obrando por el principio calizo que contiene, y por la gran cantidad de materias orgánicas que suministran las conchas y los huesos fósiles que en esta roca se encuentran.

Por último, el lignito, del que tan buenos criaderos posee la Península en este piso, principalmente en Alcoy y Dos-Aguas, es un excelente combustible.

TERCIARIO SUPERIOR, PLIOCENO Ó SUBAPENINO

Entramos ya de lleno en el horizonte en que, al parecer, hay mas acuerdo tocante á la existencia del hombre, en cuyo concepto el terreno cuya descripcion vamos á trazar, ofrece el mayor interés.

SINONIMIA.— Arenas superiores marinas de Montpeller.—Depósito tritónico clísmico, Huot.—Terreno psamítico-calizo, de Riso.— Parte del terreno de las Pampas, D'Orbigny.—Nuevo y antiguo plioceno, Lyell.—Légamo antediluvial, Marcel de Serres, etc.

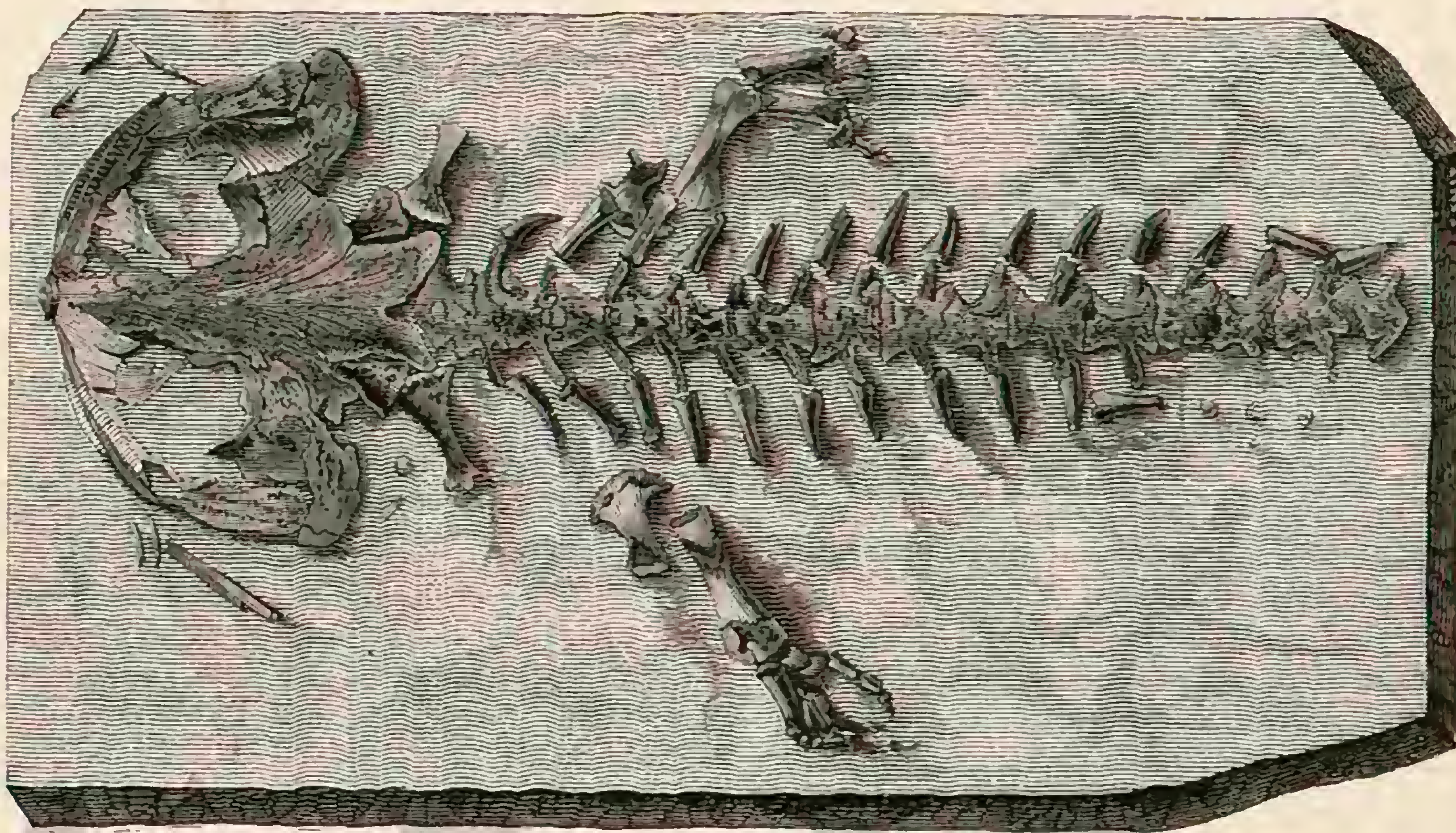


Fig. 137.—Salamandra de Oeningen (Andrias Scheuzeri)

DEFINICION Y CARÁCTER MINERALÓGICO.— El sub-apenino consta de un gran número de capas de arenas, areniscas, arcillas, calizas, brechas, pudingas y otros materiales, que mereció el adjetivo que lleva, por hallarse muy desarrollado en las hermosas colinas y en la fértil llanura que se extiende desde Alejandría y Asti hasta la Calabria y Sicilia, siguiendo todas las ramificaciones de la cordillera del Apenino, á la que se halla subordinado.

CARÁCTER ESTRATIGRAFICO.—Separado este horizonte del mioceno por el levantamiento de los Alpes occidentales, y del cuaternario por el de los principales, ofrece límites bien marcados que se determinan con frecuencia por discordancias de estratificacion y por notables erosiones, todo lo cual indica las poderosas causas que antes y despues de su formacion actuaron en el globo. Hay que advertir, no obstante, que, si bien en muchos puntos se observa cuanto acabamos de indicar, en otros, el tránsito de este terreno al anterior y posterior, suele ser insensible. Sus materiales componentes, siquiera en ciertas comarcas duros y compactos, lo comun es que ofrezcan escasa adherencia, á pesar de intervenir aun la sedimentacion química; iniciase ya el desarrollo de los materiales sueltos y de los conglomerados, que se ha de acentuar mas y mas en el terreno cuaternario. Las capas ó estratos ofrecen en general pocos accidentes, presentándose con frecuencia horizontales ó muy poco inclinados.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO.—El hecho mas culminante en este concepto es la presencia del hombre en estado fósil, segun parece acreditar el descubrimiento verificado en California por los distinguidos geólogos Blake y Wiethney, de un cráneo y restos de la primitiva y tosca industria humana, asociados al *elephas meridionalis y antiquus*, *rinoceros tichorhinus* y á otros grandes mamíferos, entre los cuales el *mammuth* y el oso de las cavernas, segun autoridades muy respetables, empezaron á vivir en el plioceno superior. De modo que este horizonte es, por ahora, el de la existencia mas probable de restos del hombre, asociados á grandes mamíferos, entre los cuales predominan los elefantes. No debemos ocultar á nuestros lectores que á pesar del tiempo trascurrido no hemos visto en Europa dibujo, molde ni descripcion del tal cráneo, lo cual motiva las dudas que á muchos asaltan acerca de la significacion de este descubrimiento.

Puede tambien señalarse como rasgo paleontológico de este piso, la existencia de monos afines á los antropomorfos, figurando entre ellos el *dryopithecus Fontani*, encontrado por Lartet en St. Gaudens, la famosa salamandra considerada por Scheuzer como esqueleto humano, clasificada por Cuvier como Andrias Scheuzeri, cuyo dibujo figura entre los característicos de este horizonte (fig. 137); por último, la presencia de una fauna malacológica y una flora muy análoga á la cuaternaria y moderna.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA.—Es muy notable el desarrollo de este terreno en la fértil y risueña llanura que se extiende desde la colina de la Superga hasta los primeros estribos del Apenino. Desde dicho punto se prolonga á derecha é izquierda de esta cordillera hasta la Calabria y Sicilia, afectando casi siempre los mismos ó muy análogos accidentes. Palermo, Siracusa, Agrigento, Nápoles, Roma, Florencia, Siena, Turin, Alejandría, y otras ciudades de Italia, tienen su asiento sobre este terreno. En Francia, en los alrededores de Montpeller, Perpiñan, Dax y otras localidades; en Maguncia, Wiesbaden y otros puntos en Alemania; en Amberes y Maestricht, en los Países Bajos; en Norwich-

condado de Suffolk, y en otros distritos de Inglaterra, se halla tambien desarrollado este terreno.

En Sicilia, donde suele alcanzar 900 y mas metros de espesor, como en Caltagirone, Castrogiovani, Palermo y otros puntos que he tenido ocasion de estudiar, consta de dos órdenes de capas calizas, la superior, llamada allí *giurgiulena*, y arcillosa ó margosa la inferior. Aquella ofrece un aspecto análogo al de la caliza basta de Paris; su estructura es granujienta y de escasa consistencia casi siempre, lo cual facilita la extraccion de los fósiles que se presentan en número fabuloso y en un estado sorprendente de belleza. En algunos puntos la caliza se halla como triturada y mezclados sus fragmentos con muchos pedazos de conchas y zoófitos, á manera del crag de Inglaterra y de Holanda, ó del falun de la Turena y Burdeos. El sistema calizo suele en algunos puntos pasar á una arenisca y conglomerado, que termina por su base en la formacion arcillosa.

En los alrededores del Etna y Catania y en Val di Noto, estos materiales suelen alternar con productos volcánicos, cuya aparicion los ha dislocado y alterado profundamente, como sucede, por ejemplo, en la arcilla de las islas Cíclopes, convertida en termantida por la aparicion á su través del basalto columnar, que en su mayor parte las constituye. En el valle de Militello se nota que este terreno se halla en capas, casi perfectamente horizontales, cubiertas por una corriente basáltica, como se ve en la figura 37: un poco mas abajo, la misma formacion se encuentra compuesta de una especie de toba volcánica, de aspecto basáltico, conteniendo gran número de fósiles de este período, de los que recogí muchos.

El criadero de plantas fósiles, encontrado por mí por primera vez en Lípari, 1852, y descrito en el *Boletin de la Sociedad geológica* de Francia en noviembre de 1853, probablemente corresponde tambien al plioceno.

Entre los numerosos fósiles que he recogido en este terreno en las localidades indicadas, debo citar el *Pecten Jacobœus*, actualmente vivo en el Mediterráneo, el *Pecten latissimus*, la *Panopœa Faujassii*, el *Fusus contrarius*, característico del crag rojo de Suffolk, y otros muchos.

En otras regiones del continente italiano, particularmente en Calabria, Roma, Siena, Asti, etc., se encuentra tambien este horizonte, si bien en general representado por el antiguo plioceno, aunque en rigor sea muy difícil establecer un límite ó línea de separacion, pues que yo mismo he hallado en las llanuras de Asti, Baldichieri, Roma y otros puntos, especies idénticas á las de Sicilia.

En Roma, segun el profesor de la Sapienza, Ponzi, hállase constituido en la base por las arcillas y margas del Vaticano, que forman una masa muy considerable y rica en fósiles, sobre la cual descansan en estratificacion discordante: 1.° una serie de bancos de arenas amarillas sueltas ó aglutinadas por un cemento calizo, formando areniscas mas ó menos consistentes, y 2.° varias capas de conglomerados de cantos rodados, procedentes de rocas apeninas colocadas en manchones sueltos sobre arenas y areniscas. En las diferentes excursiones que en 1853 tuve la fortuna de hacer por los alrededores de la Ciudad Eterna, en compañía de tan distinguido geólogo, pude ver confirmada esta composicion del terreno plioceno, al que pertenecen, tambien en rigor, las siete colinas que sirven de asiento á la capital; siendo el punto mas á propósito para trazar un buen corte de este terreno, como lo ha hecho Ponzi, el célebre Monte Mario, desde las explotaciones de marga del Vaticano, hasta Acquatraversa, siguiendo la via triumphalis.

En Inglaterra el representante del nuevo plioceno es el crag de Norwich; así como el llamado de Suffolk corresponde al plioceno antiguo, y tal vez al principio del mioceno. Aquel está compuesto de bancos de arena, légamo y grava, conteniendo gran número de conchas marinas, lacustres y terrestres, y restos de peces y mamíferos. Representa, de consiguiente, una especie de delta ó alfaque, formado sobre el terreno cretáceo y cubierto de una masa considerable de grava silícea. La mayor parte de las conchas que contiene son idénticas á las actuales, si bien algunas se han extinguido por completo.

El crag de Suffolk no ofrece los caractéres de delta que el anterior, sino que parece, segun Forbes, haberse depositado en el fondo de un mar de 27 á 45 metros de profundidad; sin embargo, no puede calificarse de formacion litoral, pues muchas de sus conchas ofrecen el aspecto pelágico. Este crag se divide en dos grupos, el superior que se llama *rojo*, y el inferior coralino, y tambien *blanco* por su color.

Esta formacion del crag rojo y blanco, se presenta en análogas condiciones en Amberes y en otros puntos de Holanda y Bélgica, habiendo proporcionado su estudio gran número de restos fósiles, que han dado á conocer los ilustres Wall, Nyst y otros paleontólogos.

PLIOCENO ESPAÑOL.—En la Península el horizonte plioceno se halla bien caracterizado en la colina de Bellver (Mallorca), segun resulta de los estudios practicados por el malogrado Julio Hayme; en los alrededores de Lorca y Cullar, en Paterna, junto á Valencia, donde recogí bastantes especies de moluscos muy análogos á los de Palermo. No léjos de Ayora, y junto al pueblo de Zarra (Valencia) encontré en 1866, en el primer punto, muchos y bien conservados moluscos y equinodermos, y en el segundo una rica flora que me parece debe referirse á este horizonte. Por último, en la costa de Almería y Málaga y en el litoral de Huelva, tambien existe en manchones sueltos y con fósiles propios.

MATERIALES ÚTILES.—El crag sirve en Inglaterra como excelente abono, no solo por la cantidad de fosfato de cal que contiene en forma de guijarros; sino tambien por la abundancia de fragmentos de conchas, y por el hierro que entra en su composicion.

Las calizas lacustres y areniscas pueden emplearse y sirven como piedras de construccion; lo mismo que las tobas volcánicas, los peperinos y las lavas y basaltos, que forman parte de este terreno.

Las arcillas se destinan en algunos puntos á mejorar las tierras, y tambien sirven para la alfarería, por ser generalmente plásticas, etc.

PERÍODO NEOZÓICO—TERRENO CUATERNARIO

Llegamos por fin al término de nuestra tarea en lo tocante á descripcion de terrenos, al cuaternario, tan importante en todos conceptos, y principalmente por ser el principio de la época actual, por los sucesos extraordinarios que se verificaron en el gran espacio de tiempo que representan sus formaciones, y mas aun, por haber sido muchas de estas las que han motivado los estudios de la flamante ciencia prehistórica, destinada á esclarecer en su dia, los primeros pasos de la humanidad por la superficie terrestre.

Muchos autores establecen una distincion sistemática entre esta época y la reciente; idea que, aunque con algunas restricciones, adopté yo mismo en el Manual; pero las minuciosas investigaciones llevadas á cabo entre sus materiales desde que se sospechó la existencia del hombre y de los restos de su primitiva industria, han modificado la opinion, que se inclina mas bien á considerar al cuaternario única y exclusivamente como el comienzo de la época actual. Las razones que militan en favor de esta idea, son: 1.ª Que nin-

gun acontecimiento de los que contribuyeron á separar unas épocas de otras en la terrestre historia, se ha verificado desde el principio del cuaternario hasta el presente; 2.ª, y en confirmacion de esto mismo, que todas las formaciones que en su conjunto representan el cuaternario, se continúan sin interrupcion en los tiempos históricos, viniendo á justificar esto mismo el que la fauna y flora de aquel solo se distingue de la de hoy, en la extincion de algunas especies de animales superiores, y en la emigracion de otras á latitudes ó alturas mayores, como el reno, el buey almizclado, la marmota, algunos moluscos y plantas, etc. Por consiguiente, y apartándonos aquí algun tanto del método didáctico adoptado en la descripcion de los terrenos anteriores, consideraremos al cuaternario como principio del moderno, estableciendo cuando mas, para facilitar la inteligencia del asunto, la distincion entre tiempos antehistóricos, é históricos propiamente dichos. A este fin, admitiremos varias formaciones, producto de agentes físicos ú orgánicos, procurando marcar el carácter de cada una en el principio, medio y fin de su desarrollo, con lo cual se conseguirá tambien dar mas unidad á la gran idea que entraña este último período de la historia terrestre, facilitando por este medio la inteligencia de los múltiples y notables sucesos que en su conjunto lo representan.

SINONIMIA.—Terreno clísmico y joviano de Brong. y Huot.—Terraplenes diluviales, terreno de trasporte y de aluvion, Bonnard.—Diluvium, Buckland.—Grupo de los cantos erráticos y moderno, Delabeche.—Período post-terciario y reciente en parte, Lyell.—Terreno diluvial y aluvial, Omalius, Rozet y otros.—Tiempos prehistóricos é históricos, de los geólogos anticuarios, etc..

DEFINICION.—Aplícase el nombre de terreno cuaternario, en el sentido que damos á esta palabra, al conjunto de materiales, resultado de los diversos agentes que, así en el órden físico como en el orgánico, han actuado y ejercen aun su accion desde el levantamiento de los Alpes principales, acontecimiento que en muchos puntos determinó notables y bien pronunciadas denudaciones en el terreno, sobre cuya superficie ondulada se depositaron aquellas. Ahora bien, como quiera que al resultado de estas múltiples causas se da el nombre de formacion, de aquí la division de este último período terrestre en tantas cuantas son aquellas.

DIVISION DEL CUATERNARIO.—Consecuentes con lo que acabamos de indicar, dividiremos el estudio de este terreno en seis grupos, correspondiente cada uno á determinada formacion, cuyo nombre servirá de título al describirlos. Las formaciones son estas: 1.ª Oscilaciones de las costas, producidas por el estado del interior del globo. 2.ª Glacial ó errática inferior y superior, síntesis de la accion de las nieves perpetuas. 3.ª Diluvial y aluvial, resultado de las aguas corrientes. 4.ª Tobácea, producto de la descomposicion química de las rocas calizas. 5.ª Turbosa, originada por la singular descomposicion de plantas de organizacion sencilla, y que viven bajo determinadas condiciones. Y 6.ª Madrepórica, fruto de animales microscópicos. Antes, empero, de describir cada una de estas detalladamente, creo será oportuno, para la mejor inteligencia del asunto, trazar en breves palabras los principales acontecimientos que caracterizan este último período de la historia de nuestro globo.

Tomando como punto de partida el levantamiento de los Alpes principales, sin que se nos oculten las dificultades que esto pueda ofrecer, pues ya indicamos mas arriba la facilidad con que en muchos puntos los materiales del plioceno se confunden con los del cuaternario, empieza este período por dicho levantamiento, el cual, al parecer, determinó un cambio notable en las condiciones físicas en general, y en particular en el continente europeo, cuyo resultado inmediato fué, si no la primera aparicion de las nieves, por lo menos el desarrollo extraordinario de este agente, que llegó á ocupar casi toda su superficie. Otras causas, terrestres unas, cósmicas otras, contribuyeron eficazmente á este resultado, cuyos efectos se dejan ver en la superficie pulimentada y estriada de muchas rocas, en el redondeamiento de otras y en los cantos errantes que se encuentran hoy á distancias considerables de su primitivo yacimiento.

Dado este estado de cosas, sobrevino un descenso lento de los continentes, que ocasionó la invasion de las aguas, las cuales determinaron grandes corrientes, y como consecuencia inmediata, depósitos de acarreo, así á la superficie, como en el interior de las cavernas y grietas terrestres, entre cuyos materiales se encuentran restos de grandes mamíferos extinguidos ó emigrados, de moluscos y demás séres característicos de la fauna y flora que aun vive, y lo que es mas notable, huesos humanos y claros vestigios de su tosca y primitiva industria. Este período, de muy larga extension, y durante el cual fué desarrollándose y progresando la especie humana en todos conceptos, segun acreditan las diferentes manifestaciones de su actividad, es tambien el de la formacion tobácea, caracterizada por la caliza incrustante, que se depositó de la manera lenta que hoy vemos al exterior y en las cavernas, formando las estalactitas y estalacmitas, que tanta importancia adquieren en la historia de este período. Siguió á esto, cerrando por arriba el cuaternario, segun algunos, un nuevo levantamiento, el de los Andes, Tenare, Vesubio y Etna, lo cual ocasionó una nueva invasion de las nieves perpetuas, aunque en menor escala que antes, ora como simple resultado de este movimiento terrestre, ó bien combinado con la precesion de los equinoccios, á la cual atribuyen muchos gran parte de los cambios climatológicos que á la sazon experimentó el globo. La dispersion de los cantos erráticos, y otros hechos no menos importantes, justifican este nuevo recrudecimiento climatológico, aunque algunos no admiten estas dos invasiones de las nieves perpetuas. La accion de las corrientes, aunque debilitada, no cesó por completo, antes bien continuó produciendo sus naturales resultados enlazando de este modo lo que propiamente se llama *diluvium* ó *aluviones* antiguos, con los modernos y actuales. Coincidiendo con todo esto, ya al finalizar la época diluvial, empezó la formacion de los turbales, en cuyo seno se encuentran tambien restos de mamíferos, del hombre y de su industria.

En las costas, y en puntos no lejanos del litoral, desarrollábase una gran fauna de zoófitos, dando por resultado la formacion de arrecifes mal llamados de coral, y de los atolones y atolls, cuyo proceso continúa aun.

Por último, los volcanes daban durante toda esta época pruebas evidentes de su actividad, cuyas materias, directamente, ó bien arrastradas por las corrientes, sepultaron mas de una vez á los representantes de la fauna y flora, y tambien á los restos del hombre y de su industria.

Completando con esto el cuadro de los acontecimientos que caracterizan los tiempos llamados antehistóricos, entra el hemisferio boreal en las condiciones que ofrece en los propiamente históricos ó modernos, durante los cuales los continentes oscilan, con tendencia al hundimiento; las nieves avanzan ó retroceden, segun las condiciones climatológicas; las aguas líquidas entran en sus naturales cauces, dando orígen á los aluviones; la turba, los arrecifes de coral, la formacion tobácea y las erupciones volcánicas se continúan hasta nuestros dias, sin mas alternativas que las que experimentan las variadas causas que á ello contribuyen.

Oscilaciones de las costas

Pasando ya á describir cada una de las formaciones en particular, empezaremos por aquella cuyos resultados se manifiestan en las costas levantadas, tocante á cuyo asunto poco hay que añadir á lo dicho al tratar de las oscilaciones de los continentes, pues aunque allí se consideraba en tésis general, ya se presentaron varios y notables ejemplos en justificacion del movimiento ascensional y de descenso que las caracterizan.

Lo único que puede notarse como complemento de lo que allí se expuso, es que, si bien los datos que poseemos hacen referencia mas bien al hundimiento de las costas verificado despues de la primera invasion de las nieves perpetuas, seguido de otro en sentido contrario, es indudable que antes de dicho período experimentóse un levantamiento al que la mayor parte de los autores atribuyen el gran desarrollo de las nieves, como consecuencia de los cambios climatológicos que aquel determinó, auxiliado, tal vez, de la precesion de los equinoccios. Debe igualmente referirse á estas oscilaciones, no solo el entrecortamiento é irregular disposicion de las costas de los países escandínavos, sino tambien la formacion de los fiordos, accidente geográfico que dimos á conocer.

Como complemento y confirmacion de este gran hecho, citaremos lo ocurrido en Udewalla (Suecia), donde á 72^{m} sobre el actual nivel del mar, y sobre rocas pulimentadas, aparece un depósito de conchas marinas que acredita el doble movimiento que aquella comarca experimentó, el 1.° de descenso, y el 2.° de levantamiento.

En Cedarslund, no léjos de la anterior y en los alrededores de Cristianía, se observan iguales depósitos á 140 y mas metros de altura.

Otros ejemplos de estas oscilaciones los encontramos en las termas de Serapis de Pozzuolo, en los depósitos de conchas actuales del Mediterráneo observados por mí en Milazzo (Sicilia) y en Monte Olivano, junto á Nápoles, en las costas levantadas de Escocia y en la famosa turba del puerto de Istadt, cuya actual situacion demuestra que la costa del SO. de Suecia, en la Escania, se ha hundido 10 piés desde el siglo VII ú VIII de nuestra Era.

Formacion glacial ó errática

Caracterízase esta, segun indicamos en la pág. 236, por las superficies estriadas y pulimentadas, por las rocas redondeadas, por los cantos errantes, estriados y pulimentados tambien, por los canchales glaciales y por los aluviones de igual naturaleza. Tan singulares efectos de la nieve perpetua, no solo se encuentran en puntos muy apartados de las regiones que aquella y los hielos polares ocupan hoy, lo cual acredita indudablemente la gran extension que en dicha edad alcanzaron, sino que circunstancias varias y curiosas justifican la repentina accion de este agente, por mas que autoridades respetables no admitan las retiradas é invasiones que, en sentir de otros, experimentó. Estas condiciones son: el mayor desarrollo de las superficies pulimentadas y estriadas y el menor tamaño de los cantos erráticos, pertenecientes á lo que se ha convenido en llamar primera invasion: tamaño considerable de los canchos y gran desarrollo de los canchales, mas reducida la superficie pulimentada y estriada de las rocas, como efecto de la segunda irrupcion de las nieves. Justifica esto la observacion hecha por Morlot, de feliz memoria, de la intercalacion entre el primero y segundo depósito glacial, de una masa de acarreo que corresponde al diluvium.

El carácter diferencial de cada una de las dos formaciones glaciales, se explica fácilmente sin mas que considerar que durante la primera época, las nieves ocupaban una extension mucho mas considerable, cubriendo hasta las mas altas cumbres de las cordilleras; por consiguiente, la esfera de accion en cuanto al pulimento, estriamiento y redondeamiento de las rocas era inmensa; pero por esta misma razon escaseaban los materiales que la nieve habia de trasportar, y su tamaño tampoco podia ser muy considerable. Por razones fáciles de comprender, durante la segunda invasion, hubieron de disminuir los primeros efectos en razon inversa de la cantidad y volúmen que alcanzaban los cantos errantes.

Al período glacial pertenecen las superficies pulimentadas, estriadas y redondeadas, que existen y he tenido ocasion de ver, en las altas laderas de los valles de Suiza, en puntos muy superiores al nivel que ocupan hoy las nieves perpetuas, y las de Suecia y Noruega, notables en todos conceptos, y sobre todo, por la profunda huella que dejó allí dicho agente, como se ve en Udewalla, en Karlsberg, en Estokolmo, en los alrededores de Cristianía y en otros muchos puntos.

Llegado el término del movimiento de descenso, sobrevino otro en sentido contrario, en cuya virtud las tierras antes sumergidas empezaron á emerger, con lo cual inicióse la accion de acarreo por las aguas líquidas, formándose depósitos mixtos, en parte trasportados por estas y tambien por la nieve, originándose una formacion llamada Drift, por otro nombre Till, en la cual es frecuente encontrar toda clase de materiales sueltos en una masa de arcilla azulada, sin órden ni estratificacion alguna, pero con fósiles generalmente lacustres ó terrestres, mezclados con algunos marinos. Con frecuencia estos curiosos aluviones antiguos se encuentran sobre las rocas pulimentadas y estriadas, lo cual acredita perfectamente el órden con que estos dos grandes fenómenos se han sucedido. Otro hecho contemporáneo á este gran período del terreno cuaternario fué la formacion de lo que los suecos llaman *Ose* y en plural *Oesar*, y los daneses *Havtokkar*, que son colinas de arena y grava con cantos erráticos redondeados, dirigidas por regla general en Escania de noroeste á sudoeste, las cuales suelen cubrir en varios puntos las marismas ó almajares turbosos, cuyo nivel es inferior al del mar. Estas colinas, sobre cuyo orígen se ha discutido mucho, las cree Nilsson resultado de oscilaciones rápidas y transitorias, pero muy frecuentes, de la costa, si bien otros autores igualmente respetables las atribuyen á grandes corrientes cuaternarias, opinion que, en mi sentir, despues de examinada aquella comarca, tiene mas fundamento que la anterior. Sea cualquiera el origen de los *Oesar*, conviene consignar un hecho que, bajo el punto de vista de la historia primitiva del hombre en aquellos países, ofrece el mayor interés, á saber: el hallazgo de cuchillos y otros útiles de piedra, hecho en la turba de Jaravall, ó sea colina de la Jara, lo cual parece indicar que el hombre vivia ya en aquella localidad en una época anterior á la formacion de los *Oesar*, opinion confirmada por dos esqueletos humanos, encontrados por Nilsson en un depósito de conchas análogo al de Udewalla, á mas de 100 piés sobre el Báltico, en el sitio llamado Stangenas. Mas adelante, al ocuparnos en concreto de la fauna y flora del período que estamos describiendo, entraremos en mas pormenores acerca de este asunto.

Tambien corresponden al período errático, si bien con mas probabilidad al 2.° que al 1.°, los canchales y la dispersion de los cantos errantes, que no solo en los Alpes, sino tambien en las regiones del norte de Europa, y particularmente en Escandinavia, llegan hasta imprimir carácter á la topografía del país. Es ciertamente curioso ver la superficie

plana y poco accidentada de Dinamarca, de los ducados de Holstein y Schleswig, cubierta en algunos puntos de cantos pulimentados y estriados muchos, angulosos los mas, sin relacion con la naturaleza del suelo, y de los cuales sirvióse con frecuencia el hombre en tan remotas edades, para levantar esos extraños y famosos monumentos, que simbolizan bajo la denominacion comun de *megalíticos*, un período importante de la historia primitiva de aquellas comarcas.

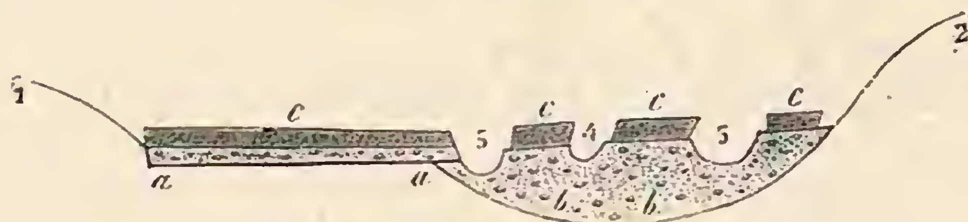


Fig. 138.—Corte del terreno cuaternario entre los Vosgos y la Selva Negra.

1 Cordillera de los Vosgos.—2 Idem de la Selva-Negra.—3 Valle del Rhin.—4 Barranco de Rix Hein —5 Barranco de Sagues Hein.—*Formacion diluvial.*—a Cantos y guijarros de los Vosgos.—*b* Del Rhin, procedentes de la Selva-Negra. — *Formacion diluvial.* — c Lehm ó Loess del Rhin, constituyendo terraplenes sobre el diluvio.

Vista la anomalía que ofrece tan extraño suceso geológico, tratóse de averiguar la procedencia de semejantes materiales, que tal contraste forman con la estructura de dichos países. Acerca del primer punto el acuerdo es unánime, pues dichos materiales proceden de la cordillera escandinava, desde la cual, conocido el yacimiento de una roca cualquiera, los cantos errantes que la representan, irradian á la manera de un abanico, conservándose con frecuencia aislados é independientes de otras rocas mas ó menos contiguas, con las cuales no suelen confundirse. Esta tan curiosa circunstancia no dejó de ilustrar eficazmente la segunda cuestion, relativa al trasporte de dichos materiales, verificado, en sentir de los geólogos mas competentes, por la eficaz accion de las nieves perpetuas.

Hállanse dichas masas, de tamaño y formas muy variados, sueltas y esparcidas á la superficie de dichas comarcas ó bien formando verdaderos canchales de dimensiones y accidentes varios. Para comprender la importancia de esta formacion, basta hacer el trayecto por vía férrea desde Malmoe ó Istadt, puertos del sudoeste de Escania, hasta Estokolmo y Upsala, donde con mi compañero de viaje, Sr. Tubino, tuve en 1869 el gusto de examinar los infinitos canchales y cantos erráticos que imprimen á la comarca un sello especial. En los Alpes se observan todos estos accidentes, si bien en escala infinitamente mas pequeña, pero ofreciendo su estudio la ventaja de poder enlazar lo antiguo con lo moderno por la continuidad que ofrecen canchales, rocas redondeadas, pulimentadas y estriadas de otra época, con el actual producto de aquellos preciosos glaciares. Para persuadirse de todo esto, basta recorrer el valle del Ródano, desde su extremidad superior, donde hoy se halla relegado el glaciar, hasta Ginebra y la llanura donde tiene su asiento esta ciudad; pues en todo este trayecto, que he tenido el gusto de recorrer, se observan sin discontinuidad todos los efectos de la dinámica glacial, sin mas diferencia que la altura y distancia que algunos alcanzan, como los cantos errantes del Jura, que no solo se encuentran algunos de ellos á muchas leguas del punto de su procedencia, sino que tambien en regiones á donde en los tiempos históricos no han llegado las nieves.

A pesar de la analogía que entre el fenómeno errático del Norte y el de los Alpes se observa, una circunstancia notable los distingue bajo el punto de vista orgánico, á saber: el hallazgo en Siberia de los restos de muchos mamíferos en estado fósil; entre los cuales figura el elefante primitivo, aunque en rigor, esto corresponde ya de lleno á la formacion diluvial, de que vamos á tratar. Los efectos de la accion de las nieves, pertenezcan al primero ó al segundo período, se notan en Europa desde las regiones polares y escandínavas hasta Italia, observándose en casi toda la Alemania, en Bélgica, Francia y en nuestra Península, segun resulta de los datos recogidos por el Sr. Prado y por los distinguidos geólogos portugueses Vasconcellos y Ribeiro (1). En la cordillera del Himalaya, como en el norte y sur de América, obsérvase tambien en grande escala dicha formacion, exceptuando en los puntos mas inmediatos al Ecuador.

Formacion diluvial

Terminado el primer período errático, y á causa del cambio de condiciones meteorológico-geológicas, sobrevinieron grandes corrientes de agua líquida, efecto tal vez del propio derretimiento de las nieves, en cuya virtud se formaron depósitos considerables de materiales de acarreo, á cuyo conjunto se da el nombre de formacion diluvial ó diluvium, para distinguirla de los aluviones modernos.

Varias circunstancias distinguen los resultados de esta nueva accion, no solo de la glacial, sino tambien de la de acarreo, considerada en tiempos anteriores al terreno cuaternario y en época reciente.

Respecto de la errática se diferencia la diluvial en que los materiales, en vez de angulosos, pulimentados y estriados, son redondos ó elipsoidales, mas ó menos tenues, mates y lisos; todo lo cual acredita la diferente manera de actuar de este agente en sus dos estados líquido sólido; y segundo como confirmacion de la anterior, en que los de acarreo antiguo y moderno no se hallan distribuidos como los erráticos por la naturaleza de las rocas que lo representan, sino mas bien por el tamaño y peso específico.

En cuanto á la comparacion del diluvium con los sedimentos de otros terrenos y los aluviones modernos, se notan tambien las diferencias siguientes: 1.ª Falta absoluta de la sedimentacion, no habiéndose depositado los materiales en las condiciones que en aquellos, entre las cuales figura en último resultado el aposamiento de estos en el fondo tranquilo de los mares y de los lagos. 2.ª Extraordinario desarrollo, lo cual no se habia visto antes, de materiales detríticos, tales como cantos sueltos y conglomerados, debidos á causas mecánicas y violentas, lo cual puede hasta cierto punto dar idea de las condiciones meteorológicas y topográficas que á la sazon reinaban en el globo; y 3.ª El nivel que en algunos puntos alcanzan es muy superior al de los acarreos modernos, circunstancia que aquí, como en la formacion glacial, acredita la mayor intensidad con que á la sazon actuaba el agua.

Los depósitos diluviales se han formado al aire libre á la superficie misma de los continentes y en el interior de las cavidades conocidas con el nombre de cavernas y brechas con ó sin huesos, lo cual establece una primera division en ellos, que es importante conocer; y si, por otra parte, se tiene en cuenta la posicion que ocupan en los valles, en las faldas y terrazas de las colinas ó montes y en las mesetas, tendremos una idea de su desarrollo y del mejor modo de considerarlos.

Uno de los países de Europa mas clásicos bajo este punto de vista es sin disputa Bélgica, la cual reune además la circunstancia de poseer geólogos tan eminentes como Omalius, decano de los de Europa; Dumont, autor de la gran carta geológica de aquel país; Le Hon, distinguido militar, autor

(1) Véase *Boletin de la Sociedad geológica de Francia,* t. 24, 2.ª serie.

de una de las mejores obras sobre el hombre fósil; y el jóven director del Museo de Bruselas, mi particular amigo el señor Dupont, á quien se deben importantes trabajos referentes á la Geología y á la Arqueología de aquel reino, tan pequeño como bien administrado. Votada por la Cámara, á propuesta de aquel ilustrado gobierno, una respetable suma, y encargado Dupont de invertirla en el estudio del terreno cuaternario, llevó á cabo tan penosa operacion con feliz éxito, dando por resultado el enriquecimiento del Museo de la capital y la publicacion de varias memorias, en las que dió cuenta de sus afortunadas exploraciones (1). El cuadro adjunto, verdadera síntesis de estos estudios, es copia fiel del que aquel insertó en uno de sus opúsculos.

EN LAS CAVERNAS	AL EXTERIOR	PISOS
1.° Loess con ó sin risclas	1.° Loess con ó sin risclas	Superior ó del reno
2.° Arcilla amarillenta con risclas.	2.° Arcilla amarillenta risclera con la fauna del reno y silex tallados.	
3.° Depósito arenoso con cantos rodados, concreciones calizas y conchas terrestres.	3.° Depósitos con cantos rodados, concreciones calizas, restos del Ursus spelœus y silex tallados.	Inferior ó del mammuth y oso de las cavernas
4.° Arena y grava con conchas fluviátiles.	4.° Arenas (restos en el Trou de Frontal).	
5.° Cantos rodados con Elephas primigenius.	5.° Cantos rodados con un diente canino que puede referirse al Ursus spelœus.	
6.° Arena con grava.	6.° Arena y grava con sustancia turbosa.	

Examinando bajo este punto de vista otras regiones, y fijándose especialmente en las cuencas del Sena y del Somma en la Picardía, demostró la equivalencia de los diferentes horizontes admitidos por los franceses en aquel terreno diluvial, segun se desprende del cuadro adjunto.

	VALLES DEL MOSA Y DEL LESSE (BÉLGICA)	VALLES DEL SENA Y SOMMA (FRANCIA)
PISO SUPERIOR Ó DEL RENO	Loess ó tierra de alfareros, de las mesetas y valles.	Loess ó tierra de alfareros.
	Arcilla amarilla con risclas de rocas antiguas, cubriendo las mesetas y los valles. Fauna del reno en las cavernas.	Arcilla arenosa roja con fragmentos angulosos de silex, cubriendo las mesetas y los valles y denudando el depósito inferior. Diluvium rojo
	Depósito arenoso, arcilloso, estratificado con conchas sobre todo terrestres y concreciones calizas. En las cavernas restos del U. spelœus.	Arcilla arenoso-margosa, con conchas principalmente terrestres y concreciones calizas.
PISO INFERIOR Ó DEL MAMMUTH	Arena cuarzosa con conchas principalmente fluviátiles.	Arenas cuarzosas, con conchas en especial fluviátiles.
	Rocas ardennesas rodadas y grandes cantos no rodados, de procedencia lejana.	Pedernal y otras rocas rodadas con grandes cantos angulosos de larga procedencia.
	Elephas primigenius.	Huesos de elephas primigenius.
	Arena cuarzosa, muy accidental.	Arena cuarzosa, muy accidentada.
	Rocas primitivas.	Terreno secundario ó terciario.

(1) Estudio sobre las cavernas belgas, por M. Dupont.

Estos cuadros no solo confirman el sincronismo de los diferentes horizontes diluviales dentro y fuera de las cavernas, sino que ponen tambien en claro la division que fundada en el dato paleontológico, se establece por lo comun en dos horizontes; el uno lleva entre sus materiales restos del elefante primitivo, del hombre y de su industria, y es el inferior; el otro superior por su posicion, del reno ó rengífero, por los restos fósiles de un animal que emigró á mas altas latitudes, y tambien de los cuchillos de pedernal, bajo el punto de vista arqueológico.

Fundados otros en la naturaleza y aspecto de esta formacion, la dividen en Diluvium, que ocupa la base y que en muchos puntos suele ser resultado de la accion combinada de las nieves y de las aguas corrientes, y Lehm ó Loess, palabras alemanas equivalentes á limo ó cieno diluvial, que suele coronar esta formacion, cuyos materiales arcilloso-calizos ó arenosos, demuestran por su tenuidad, ser resultado de una accion mas lenta y continuada de parte del agente que los trasportó.

En la formacion diluvial suele notarse una especie de localizacion muy curiosa, como lo demuestra la propia naturaleza que varía á tenor de la estructura geológica de la comarca (fig. 138).

Como el estudio de estos dos horizontes sintetiza esta formacion, atendida por otra parte su notoria importancia desde que en su seno se han encontrado escritas por caractéres indelebles, páginas antes desconocidas de la historia humana, creemos oportuno entrar en algunos pormenores.

DILUVIUM.—Este se encuentra en todas las regiones conocidas del globo, desde alturas muy considerables hasta el fondo de los valles, alcanzando en algunos puntos 100 y mas metros de espesor, lo cual da claramente á entender, no siendo muy distinto el régimen de las aguas de lo que hoy se observa, el inmenso espacio de tiempo que su formacion supone. Consta generalmente de materiales sueltos, cuyo tamaño suele aumentar en razon á la altura que alcanza, los cuales, aunque incoherentes por lo comun, hállanse á veces cementados por alguna sustancia lapídea, convirtiéndose en pudingas ó brechas, circunstancia que junto con el nivel que alcanzan, los distingue perfectamente en la mayoría de los casos, de los aluviones modernos.

DIVISION DEL DILUVIUM.—Fundados algunos autores en la diferente posicion que ocupa, han dividido el Diluvium en tres grupos, colocando en el primero, de abajo arriba, el de los valles, en el segundo el de las terrazas ó terraplenes, y en el tercero el de las mesetas. Otros, lo separan en dos horizontes que, atendida su distinta coloracion en una localidad determinada como los alrededores de Paris, los llaman Diluvium gris, que es el inferior, y rojo ó superior, el cual con frecuencia suele presentarse rellenando bolsas ó cavidades, especie de accidentes erosivos que el otro ofrece á la superficie. Sin discutir ni aceptar las razones aducidas de una y otra parte por los geólogos parisienses en pro de las diversas opiniones emitidas con motivo del Congreso de Arqueología prehistórica celebrado en aquella capital el año 1867, ocúrresenos una objecion grave que presentar, si no contra la division establecida, al menos contra los nombres adoptados para cada uno de los horizontes, pues no siempre ni en todas las localidades se presentan las cosas como en la capital de Francia, dificultando de esta manera su estudio comparativo. El que desee conocer el sincronismo de cada uno de estos horizontes con los correspondientes en Bélgica, puede consultar los cuadros anteriores de Mr. Dupont.

En algunos puntos, este horizonte diluvial ha obtenido

justa y merecida fama por el hallazgo de armas y utensilios de piedra y de restos del hombre mismo. Entre ellos figura, además del cerro de San Isidro, el de Moulin Quignon, donde se encontró la famosa mandíbula humana, y otros varios.

Diluvio de Siberia.—Ya hemos indicado mas de una vez el hecho curioso, resultado de las actuales condiciones climatológicas del suelo de Siberia, donde á escasa profundidad se encuentra el horizonte diluvial congelado, circunstancia que se extiende tambien á los almajares ó lagunazos que accidentan el país. Tambien se hizo ya mencion del hallazgo de cantidades prodigiosas de huesos fósiles de mamíferos y particularmente de elefantes é hipopótamos que se explotan desde tiempo inmemorial. Falta discurrir algo acerca de estos séres y del porqué se encuentran sus restos en aquel Diluvium.

Pretenden algunos que fueron arrastrados allí desde regiones mas templadas, por extraordinarias corrientes: otros encuentran en este dato la confirmacion del cambio del eje terrestre, en cuya virtud aquella region, antes ecuatorial, se convirtió en polar: por último, otros, siguiendo el parecer de Humboldt, creen con fundado motivo, que dichos séres vivieron donde hoy se encuentran, participando ya la region de condiciones termométricas análogas á las actuales, ó quizás mas extremadas, pereciendo víctimas de cambios mas ó menos bruscos, ocasionados por levantamientos y hundimientos del suelo. Fúndanse para ello, primero, en la dificultad de admitir que corrientes tan violentas transportaran desde puntos muy lejanos cuerpos enteros, como el del mammuth, encontrado por Smith; segundo, en la falta de pruebas para aceptar la teoría de los cambios de posicion en el eje terrestre: y tercero, en las condiciones particulares del yacimiento y de los animales mismos, cubierto el mammuth de un peso y largo vellon, y en el hallazgo hecho por Brandt de restos de plantas esencialmente árticas, entre las colinas de esmalte de los molares elefantinos, cuyo minucioso estudio, hecho por Owen, confirma admirablemente esta opinion.

Diluvio de Norfolk.—En el diluvio de la costa de Norfolk se observan dos hechos curiosos, uno de los cuales justifica la similitud ó analogía de circunstancias que lo aproximan al de Siberia. Con efecto, en la base del Drift existe en un depósito de esta naturaleza un bosque subterráneo con un lecho de lignito, ó mejor turba, y un número tan considerable de mamíferos fósiles, que, segun Lyell, en Apisburgo, en el espacio de treinta años, se extrajeron mas de 2,000 defensas de elefante primitivo ó mammuth. Este hecho, por mas de un concepto notable, supone así la identidad de condiciones físicas en ambas comarcas, como en las oscilaciones terrestres que experimentó aquella parte de Europa, pues el bosque hubo de encontrarse en tierra firme, y solo un hundimiento posterior pudo ocasionar la inmersion del terreno, la formacion del combustible y la extincion de los mamíferos, cuyos abundantes restos yacen en aquel punto. Un nuevo y repetido levantamiento hizo emerger el depósito, colocándolo en la posicion actual.

Diluvio de América.—En algunos puntos de los Estados-Unidos se observan hechos análogos, citándose varias localidades en las que es evidente la mezcla de especies perdidas y actuales, no solo de conchas, sino lo que es aun mas curioso, de mamíferos, animales de vida mas corta en atencion á la mayor complicacion de su organismo. Entre los grandes cuadrúpedos, cuyos restos se encuentran hoy mezclados en un mismo depósito, podemos citar el *mastodon giganteus*, el megaterio, el mylodon, el megalonix y otros varios con conchas lacustres y terrestres.

La presencia del mastodonte en depósitos cuaternarios es sorprendente, pues la mayor parte de los paleontólogos consideran sus restos como característicos del terreno terciario plioceno y mioceno; y aun lo es mas, la mezcla de sus huesos con los del elefante, pues segun el distinguido Sr. Gervais, entre estos dos géneros hay, por decirlo así, una especie de antagonismo ó incompatibilidad respecto á la época de su aparicion, siendo el primero característico del terreno terciario, y el segundo de la formacion diluvial del grupo cuaternario. Y sin embargo, el respetable Lyell no duda en considerar la aparicion del mastodon giganteus en los Estados-Unidos, como posterior al depósito de acarreo antiguo llamado Drift, citando en su apoyo el hallazgo de varios esqueletos y aun de animales enteros en Geneseo y Newburgo, en Nueva York y en el condado de Warren, en el fondo de pequeños estanques que fueron desecados con objeto de destinarlos á la agricultura, y que estaban abiertos en el seno de formaciones lacustres diluviales.

De todos estos hechos es fácil deducir, que muchas especies de conchas y aun de animales de sangre caliente y de organizacion superior, han podido resistir las extraordinarias condiciones climatológicas que en el período cuaternario ofreció el globo; lo cual prueba, por otra parte, que si bien en determinadas regiones estas circunstancias han sido capaces de destruir toda la fauna existente, su accion no alcanzó á la superficie de toda la tierra.

En cuanto á la mezcla que en algunos puntos de Inglaterra y Estados-Unidos se observa de especies meridionales perdidas, como el *Hipopotamus major*, y de otras septentrionales actualmente vivas como el reno, se explica, segun Lyell, admitiendo que donde hay continuidad de tierras desde las regiones polares á las templadas y ecuatoriales, se confunde el límite sur de la especie ártica con el norte de la meridional; notándose que si los animales son de los que emigran como el tigre de Bengala, el bisonte de América, el buey almizclado, etc., penetran los unos en el área de dispersion de los otros.

Depósitos auríferos.—Otro de los hechos importantes de este período es el depósito conocido con el nombre de Aluviones auríferos y de piedras preciosas, que forman hoy una de las explotaciones mas lucrativas.

Estos depósitos ofrecen los mismos caractéres que la formacion diluvial, de la que son, por decirlo así, un mero accidente. Se encuentran tambien en los valles y en las mesetas, no léjos de las montañas; afectan la misma disposicion y constan de materiales sueltos ó incoherentes, de tamaño diverso segun el punto de su procedencia. Y si á todos estos caractéres de analogía, añadimos el de la presencia en los del norte de Europa y de otras regiones, de huesos fósiles de elefante y rinoceronte, iguales á los de la formacion diluvial, la analogía adquiere el carácter de identidad.

Uno de los centros clásicos y de mas antiguo explotados es la region del Altai, respecto de cuyos aluviones auríferos dice el célebre Tchihatcheff que si se pudiera prescindir de los numerosos huesos fósiles de elefante, rinoceronte y otras especies recientes que contienen, y se fijara tan solo la atencion en la época respectiva de los terrenos sobre los que dichos depósitos descansan, se tomarian por muy antiguos, pues generalmente se encuentran en relacion con los materiales del período silúrico, devónico ó carbonífero.

La circunstancia que mas interés da á esta formacion es el encontrarse el oro, el platino y otros metales junto con diamantes, rubíes, cimofanas y otras piedras preciosas, mezcladas con los materiales de acarreo que constituyen la base de la formacion; los cuales se presentan en estado terroso, arenáceo ó en fragmentos, reconociéndose en ellos, como en

los del resto de la formacion diluvial, las rocas de que proceden, que no siempre se encuentran á grandes distancias.

El oro se encuentra comunmente en granos, hojas ó pequeñas láminas diseminadas entre los materiales térreos, de los cuales se separan por medio del lavado, en razon á su mayor peso específico. A veces los granos adquieren un tamaño considerable y reciben el nombre de pepitas, entre las cuales las hay de 30, 40 y mas kilógramos. Para dar una idea del valor de las explotaciones de este metal, bastará decir que el producto que rindieron los placeres auríferos de Siberia desde 1830 á 1842, fué de 34,299 kilógramos de oro.

Segun los datos publicados por el Congreso internacional de Estadística, celebrado en Lóndres en 1860, la produccion del oro en Australia y Nueva Zelanda desde 1851 á 59, asciende á 2,831.295,700 francos, lo que da por término medio 316.000,000 anuales.

El suelo todo de Australia, de la Tasmania y de la Nueva Zelanda es aurífero, descubriéndose cada dia nuevos depósitos.

El platino se encuentra igualmente en arenas, hojuelas ó láminas pequeñas, en granos y tambien en pepitas, debiendo citar entre estas la que segun Humboldt se halló en Nijny-Taguilsk, de peso de 8 kilógramos 335 gramos.

Asociados al oro y platino se hallan en las mismas condiciones el rutilo, el hierro magnético, la casiterita, el osmio-el ilirio y otros de menor importancia.

Hierro meteórico diluvial. — Entre estos metales merece una mencion especial el Hierro meteórico, encontrado en la formacion diluvial del Altai por un minero ruso, segun Erman. En los placeres de Petropawlowski, círculo de Mrassker, se encontraron primero unos fragmentos de hierro nativo, y posteriormente los operarios dieron con una masa del mismo, de color gris de acero, conteniendo cierta proporcion de nikel, metal que generalmente acompaña á aquel en los aerolitos. Esta masa se encontró á la profundidad de 9,60 metros segun refiere Lyell, en un depósito de grava, descansando sobre caliza pizarrosa.

Piedras preciosas.—Las piedras preciosas se encuentran en los mal llamados aluviones auríferos, en cristales mas ó menos bien conservados por efecto de su gran dureza, y tambien en fragmentos ó cantos sueltos, revestidos por lo comun de una capa delgada de materia terrosa.

Localidades del oro y piedras finas. — Aunque son muchas las localidades en que se hallan estos preciosos depósitos, las mas célebres por los asombrosos productos que han rendido, son las del Altai y Ural en Rusia, las de California, Australia y los ricos é inestimables criaderos de oro, platino y piedras finas de Visapur y Golconda en la India, de Minas-Geraes y el Chocó en la América del Sur.

En la Península, las arenas del rio Sil en Galicia, las del Darro y Genil en Granada, cantadas, aunque tal vez con exageracion, por nuestros poetas, y otras, pertenecen tambien á esta formacion, si bien sus productos son muy escasos.

Lehm ó Lœss.—El Lœss ó Lehm es una formacion fluvial con muchas conchas terrestres y de agua dulce, que ocupa una extension considerable de terreno en las cuencas del Rhin, Danubio, Ródano y otras no menos extensas en Europa y en otros continentes, ofreciendo, por carácter de gran importancia, la notoria fertilidad que dan al suelo. Esta formacion consta de una mezcla en proporciones variables de arena muy fina, arcilla y carbonato de cal, con hidrato de peróxido de hierro en cantidad de 1 á 6 por 100, que le comunica una tinta amarillenta uniforme ó variada, muy característica. Además suele contener riñones ó nódulos calizos en gran número desde el tamaño de una avellana hasta el de una bala de cañon. Generalmente el lœss se presenta como un depósito homogéneo y sin estratificacion aparente, excepto en la parte inferior, donde se depositaron los materiales mas ordinarios. La consistencia de esta formacion es tan escasa, que se deja atacar con facilidad por la mas insignificante corriente, presentándose en forma de terraplenes ó escarpes casi verticales en los bordes de valles con surcos de denudacion. En los bordes del Rhin se ostenta en colinas de escasa altura, alineadas á la manera de una cordillera y en estratificacion discordante con el diluvio, sobre el cual descansa sin confundirse con él, como han pretendido algunos. El Lehm no solo se presenta en las llanuras, sino tambien en las mesetas, siendo este mas antiguo, segun Gras, mediando entre ambos depósitos la denudacion de los valles, cuyo fondo rellenó aquel en un periodo posterior.

La formacion del lehm ó cieno diluvial adquiere en algunos puntos un espesor desde 60 hasta 90 metros, y una extension superficial de 25 y mas kilómetros, como entre el Sauerbach y el Lauter, Alsacia, segun Daubrée.

Otro de los caractéres que distinguen á este depósito en las cuencas, es la presencia de un número prodigioso de conchas terrestres, tales como succíneas, hélices, pupas, clausilias, bulimus, etc., y pocas ó muy escasas lymneas, entre las fluviales ó lacustres: todas con ligeras excepciones viven hoy, si bien en las regiones frias y húmedas de los Alpes, y hasta en el límite de las nieves perpetuas. Alguna ha desaparecido de Europa, lo cual supone una remota antigüedad en el diluvium de la Picardía donde se encontró. Tambien se observan huesos de mamíferos pertenecientes al elefante primitivo, á rinocerontes, bueyes, caballos, etc., siquiera en proporcion menor que en el diluvium.

Aunque este depósito sea posterior á los volcanes apagados del Kaisersthul y de Neuwied y Bonna, puesto que cubrió todas las montañas de esta naturaleza, y hasta rellenó en parte algunos de sus cráteres, sin embargo, cerca de Andernach el lœss, con sus conchas características, alterna con materias volcánicas y lo cubre una capa de 3 á 4 metros de espesor, compuesta de ceniza volcánica, de lapilli y piedra pómez en fragmentos pequeños parecidos á los que sepultaron á Pompeya. Algunos pretenden explicar esta alternancia del lehm y de materias volcánicas, suponiendo que las últimas erupciones de los volcanes del Eifel han sido contemporáneas de la formacion de este depósito; pero Lyell dice que esta cuestion exige mas datos para resolverla, y que podria tambien explicarse por el trasporte de los materiales volcánicos que se hallan sueltos, por las grandes corrientes que determinaron la formacion del lehm.

Lehm de Ukrania. — En otras regiones del globo se encuentra este mismo depósito con caractéres muy análogos, imprimiéndoles un sello particular: por ejemplo, en la Ukrania, donde este cieno es negro, conocido vulgarmente con el nombre de *tschornoizen*, que ocupa la inmensa llanura situada entre los Urales y los Carpatos, á la que comunica una fertilidad extraordinaria, debida en parte á la materia combustible nitrogenada que contiene en proporcion de 7 por 100, y á la que debe el color dicha tierra.

Regur. — En la gran meseta del Decan (India), mas acá del Ganges, se encuentra otro cieno diluvial ó lehm, llamado *regur*, y por otro nombre *tarquin* ó *tierra negra algodonera*, por su extraordinaria fertilidad, particularmente para el cultivo de esta planta preciosa. Cítanse muchas localidades en la indicada region, en las que el algodonero rinde pingües cosechas desde hace mas de veinte siglos, sin necesidad de abono alguno.

La arcilla ó légamo rojo de las Pampas de Buenos-Aires, que cubre, segun D'Orbigny, Darwin y otros observadores,

las inmensas llanuras de la Plata, extendiéndose en la meseta de Bolivia hasta la altura de 4,000 metros, pertenece con bastante probabilidad á este depósito. Su extension geográfica, segun aquél, es de 23,000 leguas cuadradas.

Esta formacion, que sin fundamento coloca D'Orbigny en el terreno terciario superior ó plioceno, consta de una tierra arcillosa de color pardo rojizo oscuro, ligeramente endurecida, conteniendo á veces lechos horizontales de concreciones margosas que pasan con frecuencia á una roca compacta ó cavernosa, y á una especie de toba caliza llamada *tosca*, que en algunos puntos suele cubrir al cieno pampero. La presencia en esta formacion de varias conchas lacustres y marinas actualmente vivas, como la *Azara labiata* y otras, y la contemporaneidad del *Mastodon andium* y los moluscos de la fáuna actual, son datos suficientes, segun Archiac, para considerar á esta formacion como cuaternaria, y no terciaria, como quiere D'Orbigny.

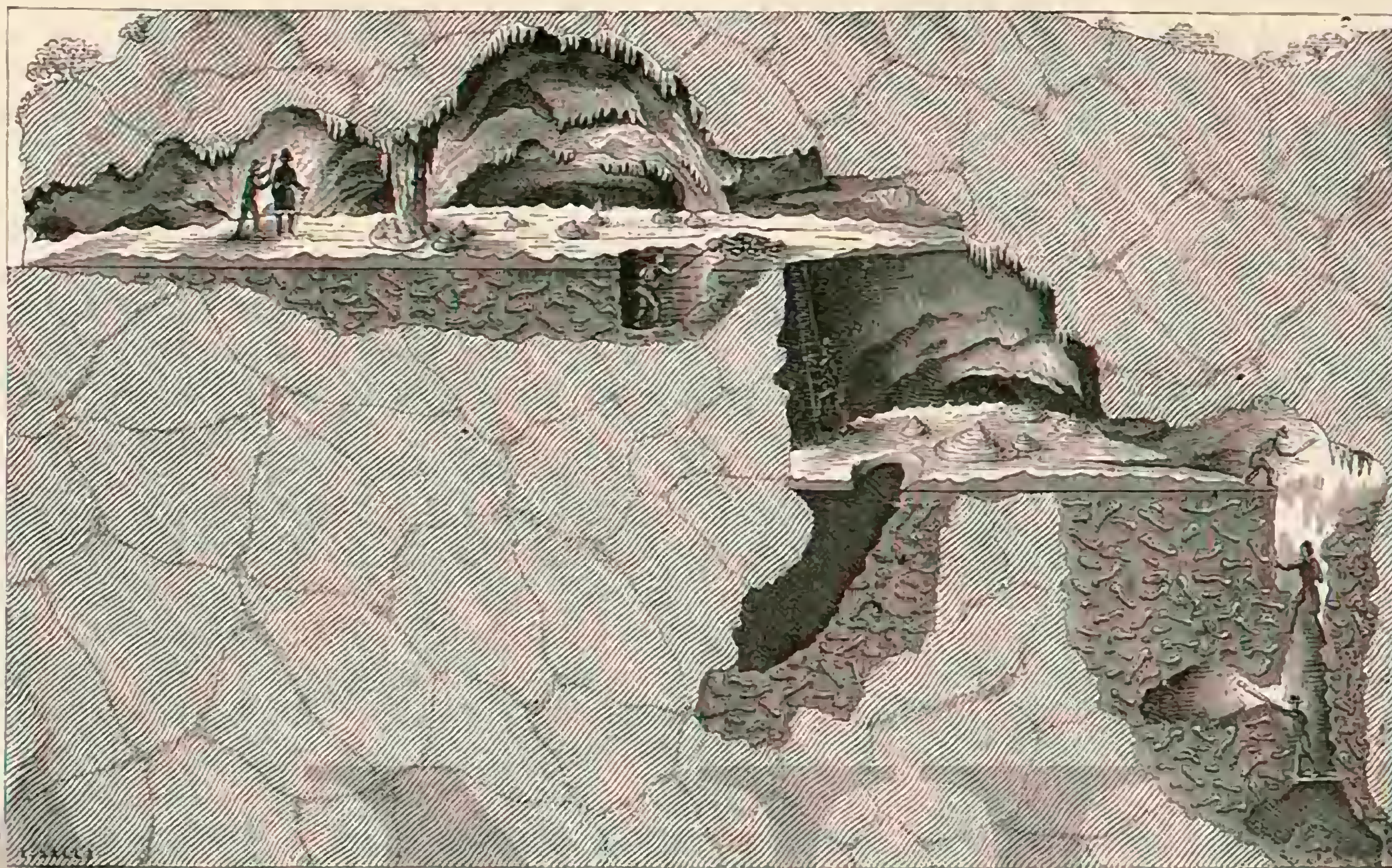


Fig. 139.—Corte vertical de la caverna de Gailenruth en Franconia (Baviera)

Entre todos los depósitos de este período se distingue el de las Pampas por la abundancia extraordinaria de huesos fósiles de mamíferos, de forma y tamaño extraordinario, que contiene. El megaterio, que forma uno de los mas bellos adornos del Gabinete de Historia Natural de Madrid, procede de las inmediaciones del rio Lujan en esta formacion: en la misma se han encontrado en otros puntos el megalonix, el glyptodon, el mylodon y otras muchas especies.

DILUVIUM ESPAÑOL.—En la Península, el terreno cuaternario se halla bien representado; pues además de San Isidro, donde alcanza 21 metros de espesor y 40 de altura sobre el Manzanares, ocupa gran parte de la cuenca del Guadalquivir, del Tajo, del Duero y Ebro. Forma además varias vegas que se distinguen por su fertilidad, como las de Valencia, Castellon, Tarragona, Barcelona, etc. Obsérvase tambien en muchas cuevas, entre las cuales algunas son notables, segun diremos mas adelante.

CAVERNAS Y BRECHAS.—Otro de los hechos mas curiosos que registra la historia terrestre como contemporáneo de la formacion diluvial, es el relleno de las cavernas y brechas que llaman *huesosas*, por ser los huesos de animales diversos, particularmente de mamíferos y del hombre con restos de su industria, los que junto con el cieno diluvial contribuyeron á esta operacion.

Las cavernas huesosas, que solo se distinguen de las comunes por la circunstancia de contener restos fósiles, reconocen en su formacion cuatro épocas diferentes, á saber: primera, la que se refiere á la abertura de las cavidades que las constituyen, debida probablemente á alguna dislocacion ó movimiento terrestre mas ó menos violento; la segunda corresponde al revestimiento de sus paredes y bóveda, de una capa mas ó menos considerable de caliza incrustante; la tercera es aquella en que se verificó el trasporte de los materiales térreos y fragmentosos que rellenan el interior de estas curiosas cavidades; la cuarta y última se refiere á la formacion de las estalactitas y estalacmitas que suelen revestir los depósitos anteriores.

La distincion de estos períodos de formacion, relleno y revestimiento de las cavernas huesosas es de suma importancia, y conviene que el reconocimiento de estas se haga con cuidado para no incurrir en un error; pues se comprende que al tratar de resolver la cuestion de si los restos del hombre y de su industria son contemporáneos de los huesos de animales extinguidos ó emigrados, cuestion de mucha importancia, supuesto que se roza con la del orígen de la especie humana, no bastará decir que en una misma caverna se han hallado todos estos objetos, sino que es indispensable averiguar si efectivamente existen en la misma capa ó en niveles distintos.

El estudio de las cavernas huesosas ofrece, además de las indicadas, una porcion de particularidades dignas de notarse. En primer lugar, es curioso saber que todas estas cavidades se hallan abiertas en montañas calizas, y raras veces, ó casi nunca, en otra especie de roca, como pizarra, arcilla, etc., entre las de sedimento. Los terrenos ígneos carecen de ellas, y entre los neptúnicos, si bien pueden encontrarse en los de cualquier período histórico, son mas frecuentes en el terreno jurásico y cretáceo que en los otros.

El segundo hecho curioso y que facilita la exploracion de estas cavidades subterráneas, es que los huesos y objetos de industria solo se encuentran en aquellas en cuyo suelo se ven materiales de acarreo ó trasporte, en confirmacion de que fueron en su mayor parte depositados en su

fondo, en el seno de las mismas aguas que los trasportaron.

Si á las consideraciones que preceden añadimos las que se desprenden: primero, del estado de conservacion de los huesos en las cavernas; segundo, de la escasez y casi carencia completa de animales marinos en ellas, á no ser los llevados por el hombre; tercero, de que en cada continente se encuentran en sus grutas tipos especiales y peculiares; y cuarto, el número prodigioso de restos fósiles, así de vertebrados como de invertebrados, del hombre mismo y de su naciente y tosca industria, que en algunas se encuentran (1), y hasta cantidades considerables de excrementos petrificados de los mismos, podremos inferir que si la causa que rellenó las cavernas fué general, pues estas existen en ambos hemisferios, las corrientes que arrastraron dichos materiales fueron locales y terrestres, mas bien que marinas.

ESTALACTITAS Y ESTALACMITAS.— Uno de los objetos que en las cavernas excitan la admiracion del vulgo y la contemplacion de los hombres doctos, es la caliza incrustante que se ostenta en estalactitas y estalacmitas, cuyo proceso, así como su intercalacion entre los depósitos de acarreo de las cavernas, les dan notoria importancia.

Las aguas que llevan disuelto el bicarbonato de cal, en el momento que encuentran una cavidad interior, depositan en la bóveda, alrededor de una raicilla, de un tallo, ó de cualquier otro objeto que sirve de núcleo, y por capas concéntricas, la materia caliza, que vuelve á su primitivo estado por el desprendimiento del ácido excedente. La que se desprende aun lleva algo de bicarbonato, el cual, perdiendo su solubilidad, se fija en el punto que recibe el estilicidio, formando otra columna, que es la estalacmita. No acaba, sin embargo, aquí la operacion, pues los bancos calizos que suelen cubrir el suelo de muchas cavernas, son resultado de la infinitésima parte de carbonato soluble que aun arrastran las aguas: juzgue el lector de la lentitud suma con que ha debido proceder la naturaleza en estas operaciones, y si deberán causarle extrañeza los cálculos que muchos autores hacen del tiempo en ello invertido, fundados, así en el espesor que alcanza en algunas cavernas la capa de estalacmita, como en el número de estas, que llega á tres y cuatro, como he tenido ocasion de ver en la de Goyet (Bélgica), y en otras famosas por los numerosos é importantes objetos en ellas encontrados.

Confirman todo esto, tanto el estudio minucioso de esta parte de la formacion tobácea, como algunos casos observados; pudiendo citar el traido por mí de la cueva de Chaleux (Bélgica), que consiste en un pedazo de pizarra arcillosa que, puesta de intento en un sitio donde el estilicidio era bastante frecuente, en el espacio de cinco años, solo formó una ligerísima película, que escasamente tendria 0,0005 de espesor.

Respecto del segundo punto en cuestion, no deja de ser curiosa y en extremo interesante la alternancia que se observa de los depósitos de acarreo diluvial y de capas estalacmíticas, las cuales á la vez que han preservado á los objetos inferiores de la accion destructora del aire, del agua, etc., han retardado, hasta cierto punto, el hallazgo de los importantísimos objetos que aparecen cubiertos por aquellas losas sepulcrales. No es menos atendible, por otra parte, el aislamiento é independencia que ha determinado entre los depósitos diluviales la interposicion de la capa incrustante, en la cual termina el depósito inferior y principia el inmediato superior. A veces sucede que la caliza, infiltrándose por entre los materiales depositados, los aglutina, formando brechas en las que los utensilios de piedra labrados por el hombre y los restos de mamíferos contemporáneos, aparecen asociados á las chinas ó guijarros, á la grava, etc.; pero estas mismas circunstancias confirman cuanto en órden á la lentitud de su formacion queda expuesto.

CLASIFICACION DE LAS CAVERNAS.—Conocidos ya estos detalles respecto á la estructura particular de las cavernas, y dejando para mas adelante lo relativo á los objetos de estudio que en ellas se encuentran, veamos cuál es la clasificacion que admiten los autores, sobre todo desde que los hallazgos en ellas verificados han excitado el mayor interés multiplicando sus exploraciones.

Primeramente las dividen en cavernas propiamente dichas y abrigos ó resguardos naturales, que son simples excavaciones de las rocas en la pendiente de ciertas montañas, que con frecuencia sirven al hombre y tambien á los animales de refugio, habiéndose depositado en ellas bastantes materiales de acarreo. Cítanse como notables, los de Cro-Magnon, Bruniquel y muchos otros.

En cuanto á las cavernas, unas han servido tan solo de guarida á bestias feroces, y se llaman así; otras fueron habitadas por el hombre, y tambien las hay destinadas á enterramientos ó sepulturas. Hay, pues, cavernas-guaridas, cavernas-habitaciones y cavernas-sepulcros, no siendo raro observar el que una misma pertenezca á dos ó á las tres categorías indicadas, así como tambien, á juzgar por los objetos antropoarqueológicos que contienen, el que haya sido una misma habitada por el hombre mas de una vez, ó invadida por las aguas diluviales.

A todos estos antros terrestres hay que agregar otro grupo, pues aunque se distingue con el nombre de brechas huesosas, en rigor no son mas que pequeñas cavidades en forma de grietas ó hendiduras, ocupadas por los materiales del diluvium, los cuales, cementados por una materia caliza por lo comun, se convierten en un conglomerado brechiforme, á que se ha dado el nombre de huesoso por llevar fragmentos, huesos enteros, dientes de mamíferos, etc. Las de Gibraltar, Cabra, Avallon (Francia) y otras muchas, gozan de justa celebridad por los importantes objetos en ellas encontrados.

Respecto de las cavernas, son tantas las exploradas, así dentro como fuera de la Península, que seria difícil de numerarlas todas, concretándonos á las mas importantes, tales como la de Aurignac, que fué sepulcral, las de la Magdalena, Pontil, Solutré, etc., en Francia; las de Kirkdale, y muchas otras en Inglaterra; las de Naulette, Frontal, Goyet, etc., en Bélgica; la de Neanderthal, Dusseldorf (Westfalia), famosa por el hallazgo del cráneo que tanto ha dado que discutir; las de Macagnone y San Ciro, en Sicilia, y otras junto al lago de Como (Italia), y en América las muchísimas en que el doctor Lund bizo tan ricos descubrimientos de mamíferos fósiles.

Para tener una idea de estos antros terrestres véase la fig. 139.

En la Península desgraciadamente debe empezarse por las que, siquiera se hallen en territorio español, no nos pertenecen; esto es, por las de Gibraltar, en las cuales se han encontrado singularísimos restos humanos y muchos vestigios de su industria. Además existen muchas en Andalucía exploradas por los señores Góngora, Mac Pherson y otros; las de Monduber, Maravillas, San Nicolás, Tabernes, Matamon y otras visitadas por mí en la provincia de Valencia, y la de Aitzquirri, junto al santuario de Aranzazu, donde acaban de descubrirse muchos cráneos de oso de las cavernas, y otras muchas.

(1) Lyell dice que en la famosa caverna de Kirkdale, situada á 40 kilómetros al Nor-Nordeste de la ciudad de York, se han encontrado restos de mas de 300 hienas pertenecientes á individuos de todas edades.

Formacion tobácea

Esta formacion, así llamada por ser la toba caliza, piedra tosca ó travertino, su principal representante, unas veces se observa en el interior de las cavidades terrestres, formando estalactitas y estalacmitas, y otras á la superficie, constituyendo lo que mas propiamente se llama travertino, palabra derivada del latin *Tiburtium*, antigua denominacion de Tívoli.

Esta formacion se halla desarrollada, no solo en las cavernas y grietas terrestres, donde desempeña las variadas funciones que ya indicamos, sino al exterior, observándose en particular en el curso de aquellos rios cuyas aguas llevan mucho bicarbonato de cal disuelto, como se ve en gran escala, y originando sorprendentes caprichos, en el que por antonomasia se ha llamado rio Piedra, no léjos de Alhama de Aragon; en Tívoli, junto á Roma, y en mil otros puntos, y tambien al rededor de ciertos manantiales, segun se nota en San Filipo de Toscana, en Saint Allyre, en Segorbe, provincia de Castellon, en la Alcudia no léjos de Játiva, procedente de las aguas llamadas de los Santos, y en una infinidad de otros puntos, así dentro como fuera de la Península.

La piedra caliza que representa esta formacion, data de los tiempos mas antiguos; pues desde que hubo rocas de esta naturaleza en el globo, debieron descomponerse y dar por resultado la reconstruccion de ella misma; sin embargo, puede asegurarse que la época que estamos describiendo es en la que adquirió el máximum de desarrollo, continuando todavía hoy produciéndose en inmensa escala.

No siempre esta roca se forma en los continentes dentro y fuera de sus cavidades; á veces se deposita en el litoral, constituyendo bancos de mucha consideracion, como se observa en la Guadalupe, donde adquirió justa celebridad por el esqueleto humano que se creyó fósil y se conserva en el Jardin de plantas de Paris. En el litoral de Barcelona, dice el doctor Vezian, adquiere gran desarrollo esta roca, á la que asegura llamarse *panchina*.

En Tívoli, la formacion del travertino terrestre alcanza un espesor considerable, contribuyendo sus caprichosas formas á aumentar la belleza de las numerosas cascadas que allí determinan las aguas del rio Teverone. El hallazgo de dientes humanos, hecho pocos años atrás por mi amigo el eminente geólogo D. José Ponzi, de Roma, aumenta considerablemente el interés de tan singular depósito.

Los detalles que se dieron al tratar de la piedra tosca como roca, nos excusan de entrar aquí en mas pormenores.

Formacion turbosa

Hállase representada esta formacion por singulares depósitos de turba, que bajo el nombre de turberas ó turbales, dimos á conocer al tratar de esta roca, acerca de la cual poco en rigor podemos añadir.

La turba empezó á formarse en la época cuaternaria, y se continúa aun en aquellos puntos en que se reunen las condiciones locales, así terrestres como atmosféricas, que ya indicamos, pudiendo servir la lentitud de su proceso, de cronómetro para medir la distancia que nos separa del momento en que empezó á formarse, que corresponde á los tiempos posteriores á la formacion errática antigua y diluvial.

Los geólogos daneses dividen los turbales en dos grupos, á saber: 1.° de los bosques, y 2.° del litoral, asignando á cada uno caractéres propios, así referentes á las condiciones de localidad, como á las especies vegetales que mas directamente han contribuido á formarlas, y tambien clasifican estos depósitos por la índole especial de objetos del hombre y de su industria y de animales que los acompañan. En este concepto, las turberas de Dinamarca y las de Escania, en Suecia, merecen una atencion especial por la extraordinaria riqueza de objetos que encierran, habiendo notado que los tres horizontes botánicos del pino silvestre, de la encina y del haya que de abajo arriba se suceden con regularidad en los turbales de los bosques, corresponden en aquellos paises á las épocas de la piedra pulimentada, del bronce y del hierro.

Como en la descripcion de la turba indicamos todos los pormenores referentes á su propia naturaleza, y á las diversas circunstancias que en ella concurren, creemos excusado entrar en mas pormenores (1).

Formacion madrepórica

En el artículo *Causas actuales fisiológicas ú orgánicas* dimos oportunamente á conocer los depósitos llamados arrecifes de coral, Atolls ú Atolones, que en conjunto representa esta formacion; en su consecuencia, y con el fin de evitar repeticiones inútiles, excusamos entrar en mayores detalles acerca de este asunto. Solo por via de complemento, debemos recordar dos hechos notables que estos depósitos ofrecen, á saber: la remotísima fecha de 150,000 años que el eminente Agassiz atribuye á los arrecifes de coral ó madrepóricos, que constituyen la extremidad sur de la Florida (América del Norte), con la particularidad de ser las mismas las especies de zoófitos que continúan aumentando la extension de aquel territorio, dato de la mayor importancia en pro de la fijeza de las especies vivas.

El otro hecho, no menos curioso, se refiere al hallazgo realizado por el conde Pourtalis, de restos humanos, cuya fecha hace remontar, fundado en el proceso de aquella formacion, nada menos que á 10,000 años.

Para completar la somera idea que damos de este período geológico, conviene hacer mencion de los materiales volcánicos, cuya aparicion fué sincrónica de las diferentes formaciones que en su conjunto representan lo que hemos llamado terreno cuaternario y moderno. Al empezar este, puede asegurarse que habian terminado ya la mayor parte de los volcanes traquíticos y basálticos, de modo, que si exceptuamos algunos volcanes, como los de la América del Sur, cuyos materiales, aun hoy, en gran parte son traquíticos, los restantes pertenecen á la categoría de volcanes actuales ó lávicos, refiriéndose, por lo comun, á este período la aparicion del Etna, del Vesubio, islas de Santorino, etc.

CARÁCTER PALEONTOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO.—Lo que mas caracteriza bajo el punto de vista orgánico y arqueológico al terreno cuaternario que acabamos de describir, es la presencia entre sus materiales, del hombre y de los restos de su industria. En este concepto considerado el terreno en cuestion, se divide primero en tiempos prehistóricos é históricos propiamente dichos, por ser aquellos anteriores á toda tradicion histórica. El primero de estos períodos se subdivide en arqueolítico, mesolítico, y neolítico en lo referente á instrumentos de piedra, y en edad de bronce y de hierro tratándose de los metales, siquiera parte de estos correspondan ya á los tiempos históricos. Y aunque bastaria este dato para acreditar la existencia del hombre que, segun indicamos, hay muchas probabilidades para creerle originario del horizonte plioceno por lo menos, recientes descubrimientos han confirmado la existencia del hombre en este período, como lo acreditan los famosos cráneos de Neanderthal, de Engis, Cromagnon, Cuevas de

(1) Los que deseen mas detalles sobre el asunto, pueden consul mi obra sobre el *Origen y antigüedad del Hombre*.

Gibraltar, la célebre mandíbula de Moulin Quignon, los huesos largos fósiles encontrados por mí en San Isidro, la mandíbula humana de Puerto-Príncipe, regalada al Museo de Historia Natural por el Ilmo. Sr. D. Miguel Rodriguez Ferrer, y tantos otros vestigios que hoy enriquecen los diversos museos de Europa, y que no cito por la brevedad.

Para formarse idea del carácter paleontológico de este período, consulte el lector las figs. 141, 142 y 152.

Los instrumentos de piedra que caracterizan estos primeros períodos de la actividad humana, son cascos y astillas de pedernal, hachas de la misma ó diferente sustancia, cuchillos, flechas y otra clase de armas y utensilios, correspon-

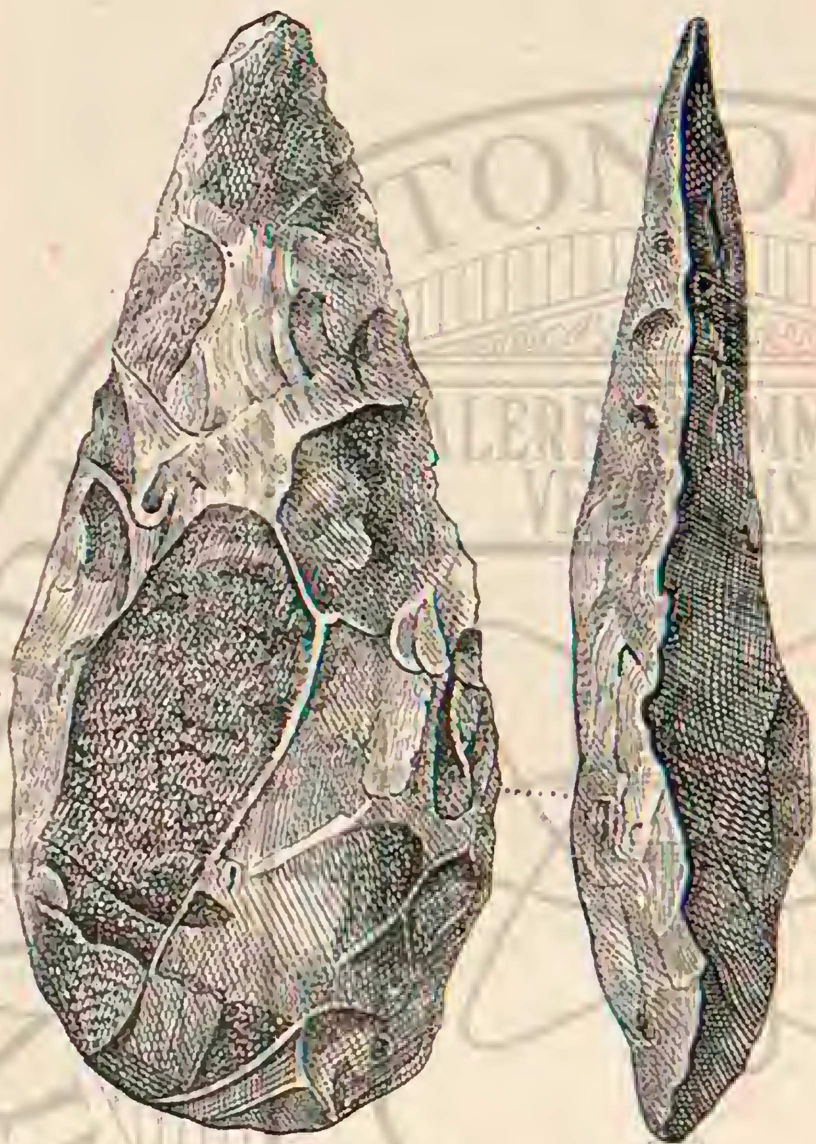


Fig. 140.—Hacha de sílex (de frente y de perfil)

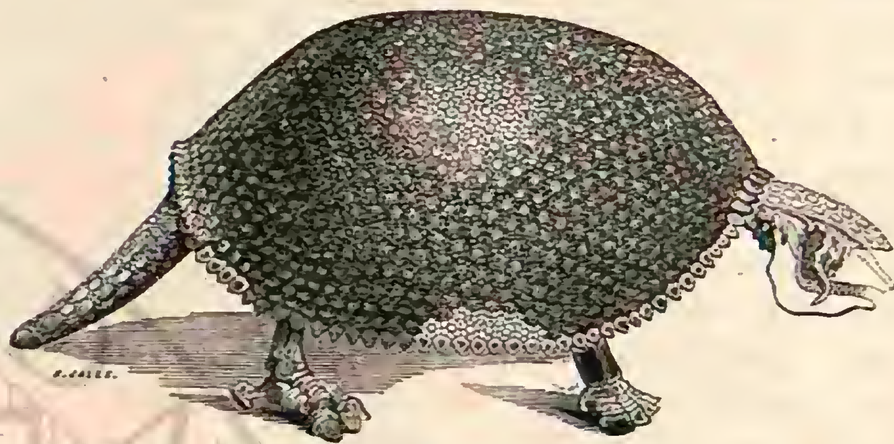


Fig. 141.—Glyptodon clavipes



Fig. 142.—Cabeza de la Hyæna Spelæa (Hiena de las cavernas)

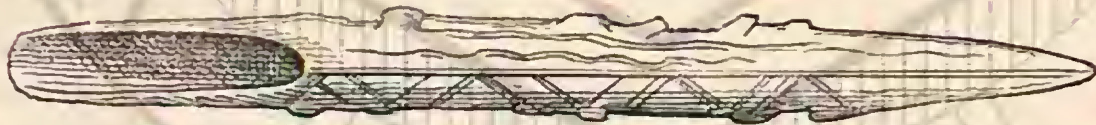


Fig. 143.—Cuchara de asta de rengífero

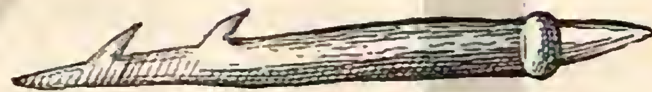


Fig. 144.—Flecha de asta de rengífero

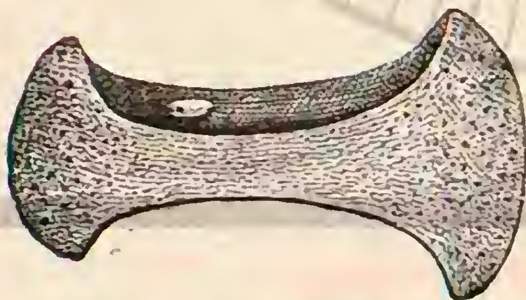


Fig. 145.—Hacha de piedra

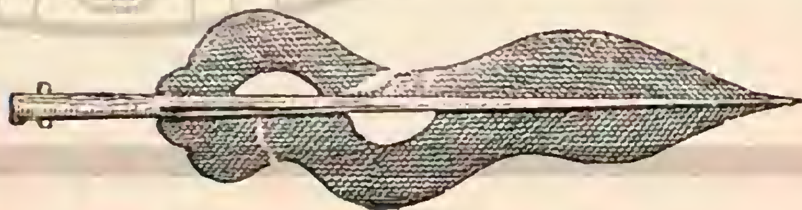


Fig. 146.—Hierro de lanza

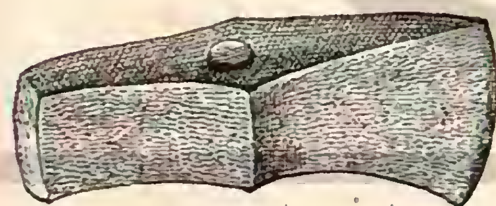


Fig. 147.—Hacha dinamarquesa de piedra

dientes á la primera edad, cuyo carácter distintivo lo forma el estado tosco y sin pulimento de las armas ó útiles que contrasta con los del segundo período, que generalmente son de dioritas y otras piedras de preferencia al pedernal, y aparecen tallados y pulimentados: el vulgo los llama equivocadamente, piedras de rayo.

Muchos objetos de adorno, toscos tambien é imperfectos, y abundante cerámica, en la cual, como en los anteriores, se revela la marcha lenta, pero progresiva, de la industria y el arte, completan el cuadro del carácter antropo-arqueológico de este período de la historia terrestre.

Como complemento del carácter arqueológico, que distingue á este terreno, véanse las figs. 140, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 154, y 156.

Al terminar este periodo de la historia terrestre, habiendo adquirido los continentes sus condiciones actuales, relegadas las nieves perpétuas á las regiones alpinas y polares, encauzadas las aguas líquidas en sus propias arterias, tal cual las vemos hoy, y la distribucion de los climas mas á propósito para el establecimiento definitivo de la especie humana, esta adquirió todo su desarrollo, ocupando por emigraciones lentas y sucesivas hasta los mas apartados confines del globo; marcándose el sello de las diferentes razas bajo la influencia de causas muy diversas, y llevando en pos de sí la civilizacion y la cultura. De esta manera llega á poblarse Europa, sucediendo al hombre cuaternario de los primeras hachas de piedra, el de los kiokenmodingos ó paraderos de Dinamarca y el de los turbales, al cual sigue el pueblo de los dolmenes y demás monumentos megalíticos, como tránsito entre la segunda edad de piedra y los primeros momentos del bronce, el cual es reemplazado mas ó menos pronto por los utensilios y armas de hierro, enlazando de esta manera admirable, por tránsitos lentos é insensibles, lo histórico con lo prehistórico, la historia humana con la terrestre historia.

CAPÍTULO III

MAPAS GEOLÓGICOS Y AGRONÓMICOS

Terminada la historia descriptiva de los terrenos, parece natural dar á conocer los medios de que hoy se vale la ciencia para representarlos de un modo claro y gráfico, facilitando así su estudio y el de sus numerosas aplicaciones. Esto se consigue por medio de los mapas geológicos, cuyo objeto es «poner de manifiesto sobre uno geográfico la naturaleza, disposicion y demás accidentes de los terrenos que componen en su conjunto la costra sólida del globo, en su totalidad ó en una region dada.» Semejantes á los cuadros sinópticos para las ciencias, los mapas geológicos, como dice con mucha oportunidad Boué, en su excelente *Guia del viajero geólogo*, ofrecen la ventaja de dar á conocer á primera vista lo que no se consigue á veces, con la lectura asidua de largas y pesadas descripciones.

Provisto de los instrumentos necesarios para estas exploraciones, como martillos, brújula, clinómetro, barómetro, lentes, buen calzado y un traje á propósito, adornado además de ciertos conocimientos generales, y con el mapa geográfico siempre en la mano, el geólogo que se proponga realizar el trazado de un buen mapa geológico local ó general de un país, lo primero que debe hacer es marcar los límites y el carácter geográfico de la region objeto de su estudio; luego recoger el mayor número posible de rocas y fósiles, anotando con exactitud los puntos de su procedencia, y todos sus accidentes, particularmente el horizonte ó piso de que proceden.

Para esto se llevan papeletas en blanco en las que se anota todo lo que sea digno de llamar la atencion en cada ejemplar. Tambien importa mucho que á las rocas se les dé una forma determinada y siempre la misma para la belleza de las colecciones. Generalmente el largo y ancho, que puede ser de 3 pulgadas sobre una y media ó dos, se marca en el mango del martillo. Los ejemplares se envuelven en seguida con papel de cualquier clase que sea, si bien es preferible el de periódicos, y entre estos el de los ingleses por ser muy fuerte.

Los fósiles se envuelven uno á uno; y para facilitar las exploraciones se colocan en saquitos, los de una misma localidad ó terreno.

Reunidos materiales y datos en el gabinete, se ordenan despues y se lleva á cabo la obra, reducida á expresar en un buen mapa geográfico, primero é indispensable medio para este género de trabajos prácticos, por medio de colores (1) y signos convencionales, los diferentes terrenos, segun la clasificacion adoptada de antemano, que forman la constitucion geológica del país ó region que se trata de dar á conocer. Esto puede hacerse indicando solo los límites de los terrenos por medio de una línea de color distinto, ó bien llenando con el mismo todo el espacio que aquellos ocupan; teniendo cuidado en el último caso, de dar una tinta un poco mas fuerte en los límites para que se distingan mejor. El primer método es útil para los mapas físicos, para los forestales, para los de Geografía botánica y de fuentes minerales en que al propio tiempo se quiera dar una idea de la composicion geológica. El segundo es el mas comunmente empleado, sobre todo en los mapas exclusivamente geológicos, y ofrece la ventaja de dar á conocer á primera vista la extension y el carácter de los terrenos.

Los accidentes de direccion é inclinacion de las capas, así como los filones metalíferos, las fallas ó hendiduras, los sitios de explotacion tales como canteras, minas, las cavernas, cuyo estudio tanto llama hoy la atencion, los establecimientos balnearios, etc., se representan por medio de signos convencionales, como los siguientes, propuestos por Boué.

1 Inclinacion	22 Filon.
2 Verticalidad	23 Capa.
3 Horizontalidad	24 Peñasco.
4 Mina	25 Caverna.
5 Mina de carbon	26 Ingenio.
6 Mina abandonada	27 Fragua.
7 Pozos	28 Fábrica de sal
8 Galería	29 Altos hornos.
9 Sonda ó perforacion	30 Horno de cal.
10 Escombros	31 Fuente salada
11 Mina hundida	32 Salina.
12 Cantera	33 Mina de sal.
13 Explotacion de arcilla	34 Agua mineral.
14 Turbera	35 Corriente de lava.
15 Cantera de pizarra	36 Hundimiento.
16 Cantera de mármol	37 Desfiladero.
17 Mina de oro	38 Cráter.
18 Lavado de oro	39 Cobre.
19 Plata	40 Plomo.
20 Estaño	41 Hierro.
21 Mercurio	42 Salitre.

Cuando se trata de filones metalíferos se procura orientarlos siguiendo la misma direccion que afectan en el terreno. La diferente altura de las montañas se indicará por guarismos y por rasgos ó líneas mas ó menos largas, procurando que marquen con su desviacion, el grado de la pendiente.

Los cortes geológicos, ora generales, ora locales ó circunscritos á un terreno ó punto dado, deben acompañar siempre á los mapas, sobre todo cuando se trata de una pequeña

(1) El Sr. Charpentier fué el primero que empleó los colores para expresar en los mapas la diferente naturaleza de los terrenos, realizándolo en el geológico de Sajonia, publicado en 1788.

region, ó cuando se quieren expresar muchos detalles. Los cortes se reducen á representar en una seccion vertical ó longitudinal los diferentes terrenos de una comarca, ó bien los pisos ó hiladas de los diversos materiales que componen un terreno ó formacion dada. Esto puede hacerse con mas ó menos exactitud; pero siempre es de muchísima utilidad, por cuanto habla á la vista. Cuando se quieren hacer los cortes con toda conciencia, debe expresarse en ellos la direc-



Fig. 148.—Hacha cubo.



Fig. 149.



Fig. 150.—Punzon de silex.

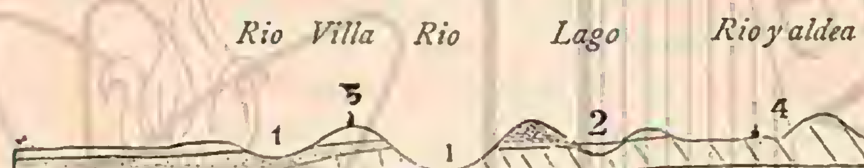


Fig. 151

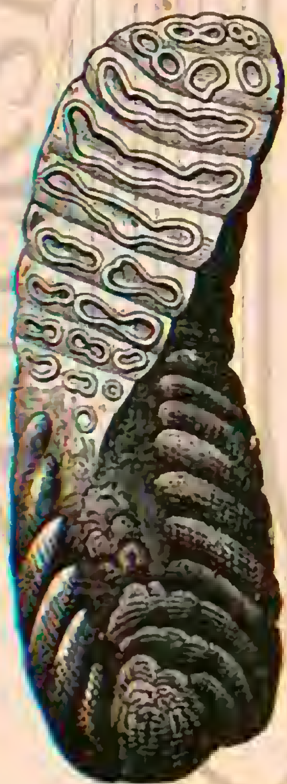


Fig. 152.—Diente del Mammuth

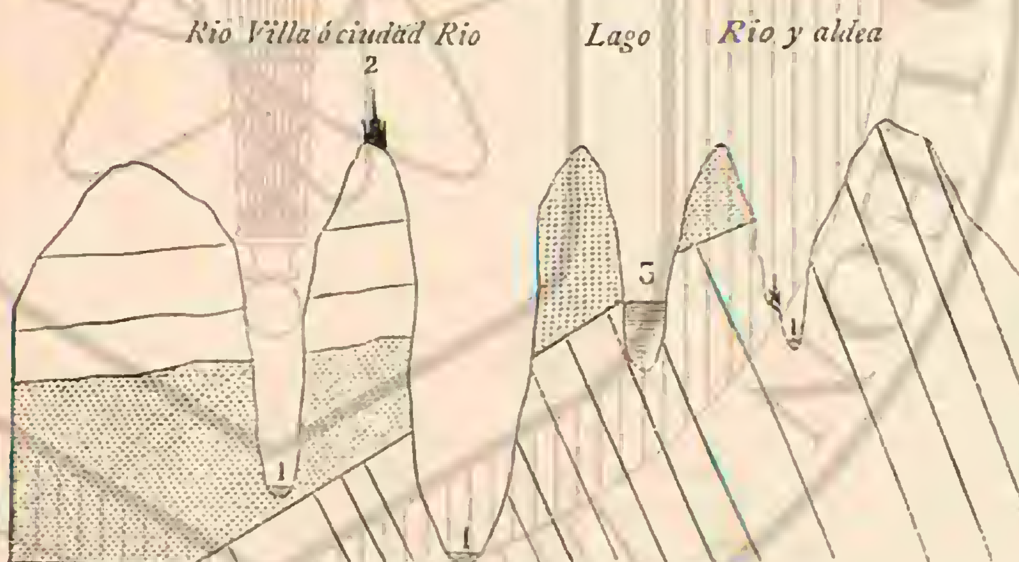


Fig. 153

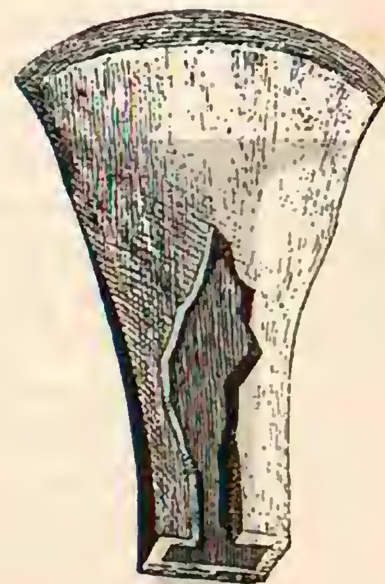


Fig. 154.—Hacha de hierro llamada de cubo



Fig. 155

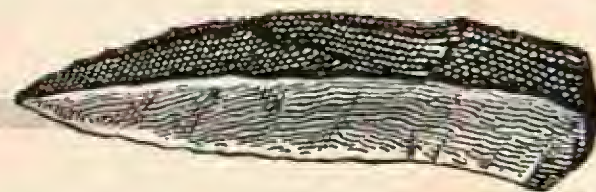


Fig. 156.—Cuchillo de silex

cion y la inclinacion de sus estratos, orientándolos conforme lo están en el terreno; y sobre todo, debe expresarse el espesor relativo de cada piso, con la indicacion por medio de ciertos signos, de la naturaleza de cada especie de roca. Este sistema es el que se ha adoptado en el cuerpo de la obra, en cuyos cortes se habrá echado de ver la uniformidad que proporciona una base fija y constante desde el principio.

Tambien debe procurarse ajustar los cortes á una misma escala en altura y distancia horizontal, ó por lo menos conservar en lo posible las proporciones que ofrece la naturaleza misma, pues de lo contrario, se cae en el escollo de no dar á conocer los accidentes de la region, si la escala longitudinal es desproporcionada, y por el contrario, si lo es la de alturas se forman especies de caricaturas que además de ridículas, son erróneas. Las siguientes figuras copiadas de la excelente obra de Mr. Delabeche, intitulada *Coupes et vues pour servir à l'explication des phenomènes géologiques*, dan una idea de la necesidad que acabo de mencionar.

La fig. 155 es un corte ideal, supuesto proporcional, destinado á demostrar las falsas ideas que se forman, respecto de la configuracion del suelo, por haber adoptado para las alturas una escala diferente de la de las distancias horizontales.

La fig. 149 representa el mismo corte anterior, con la diferencia de ser la escala de alturas tres veces mayor que la longitudinal; circunstancia que determina grandes variaciones en la inclinacion de las capas, y hace desaparecer la verdad tan necesaria en el perfil del país.

La fig. 151 es un corte ajustado en realidad á las proporciones que ofrece el terreno.

Y por último la fig. 153 es el mismo corte, pero trazado conforme á una escala diez veces mayor en sentido vertical que en el horizontal, de lo que resulta la confusion mas

completa. En este dibujo, como hace notar Delabeche, ha desaparecido por completo el verdadero contorno del país; las poblaciones se encuentran colocadas al borde de enormes precipicios, ó bien ocultas en profundos barrancos ó desfiladeros, donde jamás se ha pensado construirlas; los anchos valles se convierten en ramblas ó quebradas; los lagos y rios adquieren una profundidad exagerada y no comun. Además de estos inconvenientes se observa que la forma, disposicion, inclinacion y demás accidentes de las capas, varía de una manera extraordinaria. En resúmen, es la caricatura del corte verdadero.

La indicacion de los terrenos ó formaciones en general, debe hacerse sobre un calco del mapa en el punto mismo de la observacion; anotando además cuidadosamente en el diario de viaje, todos los accidentes relativos á la naturaleza de las rocas, á la direccion, inclinacion de las capas, espesor y potencia que ofrecen, etc. Sin embargo, estas operaciones deben considerarse como preparatorias: en el gabinete y con calma es donde se llevan á debido término; sea estudiando mejor, ó analizando, á veces, las rocas dudosas, ó determinando los fósiles, y poniendo en armonía estos conocimientos con los datos que se hayan anotado en el diario.

El objeto de los mapas geológicos puede ser diverso, y de aquí las denominaciones que comunmente se les da. Unos son mineralógicos ó simplemente petrográficos; otros son geológicos ó geológico-industriales cuando se quiere averiguar la relacion que existe entre los terrenos y ciertos depósitos de materias útiles á la Industria: geológico-balnearios, cuando se trata de ver la relacion que existe entre las fuentes termo-minerales y determinados terrenos; ó bien agronómicos cuando su objeto es dar á conocer el enlace ó conexion que existe entre la naturaleza del suelo ó subsuelo, y la vegetacion que en él se encuentra ó pueda convenir. Segun la índole de estos diferentes mapas, así deberá variar su preparacion y trazado.

Tambien pueden llevar por objeto los mapas geológicos dar una idea de la configuracion de un país ó region en los diferentes períodos de la historia física del globo. Para esto se echa mano de varios mapas y se marca en cada uno, en vez de los terrenos, los mares en cuyo fondo se depositaron los materiales que los representan. Esto mismo puede hacerse para una region limitada por medio de mapas sobrepuestos, indicando en cada uno por un recorte, la extension de los continentes en cada época. Los mapas colocados segun el órden de sobreposicion, se van levantando y aparecen sucesivamente los terrenos mas inferiores. El primer mapa de este género lo ví en 1852 en poder del Sr. Gemellaro de Catania, su autor.

Cuando la indicacion de los terrenos por medio de colores se hace sobre buenos mapas en relieve, puede decirse que es la última perfeccion de la ciencia. El Sr. Beck de Berna, publicó en 1858 el primer ensayo de mapa geológico en relieve de la Suiza, fundado en los datos proporcionados por Studer y Fischer, autores de la descripcion y mapa geológico de la Confederacion helvética.

Una de las condiciones indispensables para el trazado de un mapa geológico, es la division de la provincia ó país en diferentes secciones ó distritos naturales que se estudian uno tras otro, escogiendo antes uno ó varios puntos centrales, desde donde deben hacerse correrías y cortes en todos sentidos. Muchas veces conviene repetir las mismas expediciones, pero en sentido contrario, para cerciorarse de que se han visto bien las cosas la primera vez.

En los mapas mineralógicos ó petrográficos hay que valerse de tantos colores, cuantos son los minerales de la region que se explora. Pero cuando son geológicos y de un país muy extenso, solo se adopta en general un color uniforme para cada terreno, debiendo ser distintos los de sedimento de los cristalinos, y estos de los volcánicos. Hay que cuidar que los colores no sean ni muy vivos ni muy bajos; pues en el primer caso, el mapa se hace desagradable á la vista, y en el segundo pierden con el tiempo y se confunden. Lo que sería de desear es, que todos los geólogos adoptaran iguales tintas para expresar los mismos terrenos; pero por desgracia no sucede así, lo cual es muy ocasionado á confusion. Como las diferentes tintas de un color pueden confundirse, se hace absolutamente necesario colocar dentro de cada uno una letra del alfabeto ó cualquier otro signo, para distinguir los terrenos que representan.

En general, en estos mapas solo se pintan los terrenos que se presentan al descubierto, teniendo buen cuidado de marcar los límites de cada uno, cuando están cubiertos por la tierra vegetal ó por depósitos de acarreo ó del diluvio. En aquellos puntos en que se presentan dos terrenos sobrepuestos, se pinta por lo comun el superior y si es posible se indica tambien el otro. Muchas veces los terrenos se presentan en manchones sueltos; en este caso conviene representarlos así, á no ser que por las excavaciones ó por otro medio se tenga la certidumbre de que se enlazan por debajo, en cuyo caso pueden representarse formando una faja ó zona.

Cuando prescindiendo de la capa vegetal se pintan los terrenos subyacentes ó los que forman el subsuelo, si á estas indicaciones se agregan el carácter de cada terreno, y las relaciones que pueden tener ó que tienen en realidad, con la vegetacion espontánea y el cultivo de plantas útiles, los mapas reciben el nombre de agronómicos y en especial el de Forestales ó Silvícolas cuando se refieren á la relacion que guarda el subsuelo con el porte de los bosques.

Un mapa agronómico lleva por objeto expresar ó representar las relaciones que existen entre las operaciones agronómicas y la disposicion geográfica y naturaleza geológica del suelo. El suelo y subsuelo vegetal guardan entre sí tantos puntos de contacto, y tan íntimas relaciones, que un mapa agronómico puede considerarse como verdadero corolario del geológico de una region dada.

Si la vegetacion dependiera exclusivamente de la naturaleza de las rocas, y si por otra parte la tierra vegetal fuera tan solo el resultado de la descomposicion de su subsuelo propio ó de aquel sobre que descansa, las divisiones agronómicas serian iguales ó coincidirian con las geológicas. Pero como la existencia de las plantas se enlaza de un modo mas íntimo con el estado físico que con la naturaleza propia de las rocas, y como además concurren á este fenómeno todos los factores que determinan y modifican los climas, habrá que sujetarse en la formacion de dichos mapas á todas estas condiciones para que correspondan al objeto. En virtud de estas consideraciones puede asegurarse, que un mapa agronómico debe expresar mas bien los minerales y rocas; que los terrenos y formaciones de un país dado: adoptando, si es posible, colores diferentes para representar la manera especial de disgregarse cada una, y la abundancia y naturaleza de la tierra que suministran.

Otra de las ventajas de este procedimiento, es el que deja marcadas todas las sustancias que con mas oportunidad pueden emplearse como mejoramientos y abonos minerales en la region á que se hace referencia.

Generalmente hablando, el subsuelo varía con menos frecuencia que la tierra vegetal; y en los puntos en que se verifican estos cambios, se observa una mezcla de materiales, que por lo comun mejoran notablemente las cualidades de aquella: conviene de consiguiente, indicar en el mapa, por medio de una tinta mas fuerte del mismo color, este punto,

pues puede enseñar al labrador la utilidad de dichas mezclas, aplicadas al cultivo. Cuando por el contrario el subsuelo es homogéneo y de composicion sencilla como de arena, caliza, etc., el terreno es estéril, y los mapas pueden tambien aconsejar al agricultor á combatir esta homogeneidad por medio de las mezclas.

La relacion ó enlace que se nota entre las operaciones agronómicas y la disposicion geográfica y geológica del suelo, son muy diversas; y como en último resultado lo que se propone resolver un buen mapa agronómico, es aumentar la produccion y facilitar los medios de extraccion de los productos agrícolas, y el trasporte interior de las materias que pueden emplearse como mejoramientos y abonos, se comprende lo árduo de la empresa, y que difícilmente podrán expresarse todas estas relaciones en un solo mapa. Hay, de consiguiente, que trazar varios por necesidad, á saber: uno en el que se indique por la disposicion de los terrenos, la facilidad ó dificultad de los trasportes de todas especies, y la conveniencia de poner en práctica sus diferentes medios por tal ó cual punto: en otro puede expresarse la relacion que existe entre los terrenos y la forma ó accidentes del suelo, la direccion de las cordilleras, la separacion en valles, llanuras y montes con su direccion media; la altura relativa y absoluta de estas y aquellas, etc., pues todos estos son datos preciosos para determinar la índole del clima del país, cuya influencia en la agricultura es evidente. En este mismo mapa puede expresarse la hidrografía exterior y subterránea en lo que sea posible; y la naturaleza de los terrenos que recorren las aguas, pues sabida es la accion tan directa que esta circunstancia ejerce en la vegetacion. En otro mapa pueden indicarse las rocas del subsuelo y las subyacentes segun su composicion química ó mineralógica, calizas, arcillas, arenas, areniscas, granitos, etc., ó segun la tendencia de cada una á descomponerse y á dar este ó el otro género de detritus, como lo ha hecho el Sr. Thurmann, en el de Suiza. Tambien puede representarse en otro el clima de cada region y las plantas que crecen espontáneamente, como demuestra el de la excelente obra de Fitostática de este autor.

En los mapas agronómicos conviene respetar las divisiones establecidas por el uso, aceptando hasta los nombres con que el vulgo las designa, pues en general expresan ciertas relaciones agronómico-geológicas que no hay que despreciar; como por ejemplo, las de tierra de Campos de Castilla; tierra de Barros, tierra Negrizal y Rubial, los Guijares, las Serenas, en Extremadura; los Páramos en Búrgos; las Landas, Sabanas ó Pampas y Estepas en otras regiones.

Si no se quiere expresar en alguno de los dos últimos la disposicion y extension del terreno de acarreo y diluvial, que tanta influencia ejerce en la vegetacion espontánea y en el cultivo, puede destinarse uno especial á tan importante objeto, pues indudablemente la fertilidad de las regiones mas privilegiadas se debe al desarrollo de estos depósitos.

Por lo visto, la realizacion de los mapas agronómicos es muy difícil, y debe basarse esencialmente en la de buenos geológicos. Naturalmente unos y otros deben ir acompañados de su correspondiente descripcion, en la que se expresen todas aquellas circunstancias que no pueden indicarse gráficamente; como por ejemplo, en los geológicos el número y naturaleza de las rocas que se encuentran en la region ó comarca; la descripcion de todas ellas ó de las mas principales, y los accidentes que determinan; si son ígneas ó de sedimento, la forma que comunican á las montañas; si la estratificacion es normal, ó si hay inversion en los bancos ó capas, y muy particularmente la insercion de las listas de fósiles mas notables ó característicos de cada grupo ó terreno de sedimento, indicando, de paso, las asociaciones y demás particularidades que su distribucion pueda ofrecer ú ofrezca en realidad. En los mapas agronómicos la explicacion debe referirse al género de cultivo que conviene á un terreno ó region dada; á la ventaja de servirse de este ó del otro abono ó mejoramiento, y al medio mas económico de su trasporte ó la manera de verificar las mezclas por desmontes á proximidad: la indicacion de las labores que convienen á cada tierra, y hasta las especies de animales de que debe servirse el agricultor para estas faenas agrícolas, ó bien para aclimatarlos y mejorar las razas; el sistema que debe preferirse en los riegos, la posibilidad de procurarse fuentes artificiales, pozos artesianos, etc., la completarán perfectamente. Por desgracia estos estudios de aplicacion se hallan todavía en mantillas, y todo lo que por el momento puede hacerse es dar reglas y preceptos para llegar á estos resultados, cuya utilidad práctica se está ya tocando en Alemania, Inglaterra y Francia, donde van realizándose poco á poco.

Cuando los mapas tienen por objeto hacer ver la relacion que existe entre la composicion geológica de un país y sus principales regiones vegetales, ó la distribucion de las plantas espontáneas y cultivadas, reciben el nombre de mapas geológico-botánicos, de los que el trazado por Willkomm, y que acompaña á su célebre obra sobre las costas y estepas de la Península, puede citarse como ejemplo, y es además el que ofrece un interés mas directo para nosotros. Trázanse hoy mapas hipsométricos valiéndose de varios matices de un mismo color para indicar la respectiva altura máxima de las regiones, lo cual, si se relaciona además con el terreno á que las diferentes altitudes corresponden, es de indisputable utilidad, pudiendo citar como el primer ejemplo, en España, de este género el que ilustra la Memoria del Sr. Mac-Pherson sobre la provincia de Cádiz.

PARTE CUARTA—GEOGENIA, GEOGONIA Ó TEORÍA DE LA TIERRA

CAPITULO ÚNICO

La palabra que encabeza esta última parte de la obra dice claramente que nos vamos á ocupar en el estudio del orígen y formacion del globo, pues *Gé* significa tierra y *Génesis* generacion. Otros la llaman Geogonia, derivada de *Gé*, tierra, y *Gonos*, orígen ó nacimiento. Hubo una época, no muy remota por cierto, en que toda la ciencia geológica reducíase á estas especulaciones, poniendo cada cual su imaginacion en tortura, y forjando sistemas, con el plausible objeto de ajustar la creacion entera y los hechos maravillosos que á ella se refieren, al gusto y deseos del inventor, sin ocuparse de la verdadera interpretacion de aquellos, y mucho menos de las aplicaciones que pudieran hacerse al me-

tante
ones
os.
os es
enos
paña-
esen
gráfi-
ero y
ó co-
ales,
men-
fica-
as, y
mas
sedi-
arti-
a en
debe
no ó
abo-
tras-
es á
en á
debe
para
efe-
arti-
nte.
avía
erse
uya
erra

cion
sus
lan-
pas
n, y
epas
s el
nse
de
de
no á
able
ña,
ner-

su
ble
llo-
sin
nu-
ne-

Arenas y areniscas.

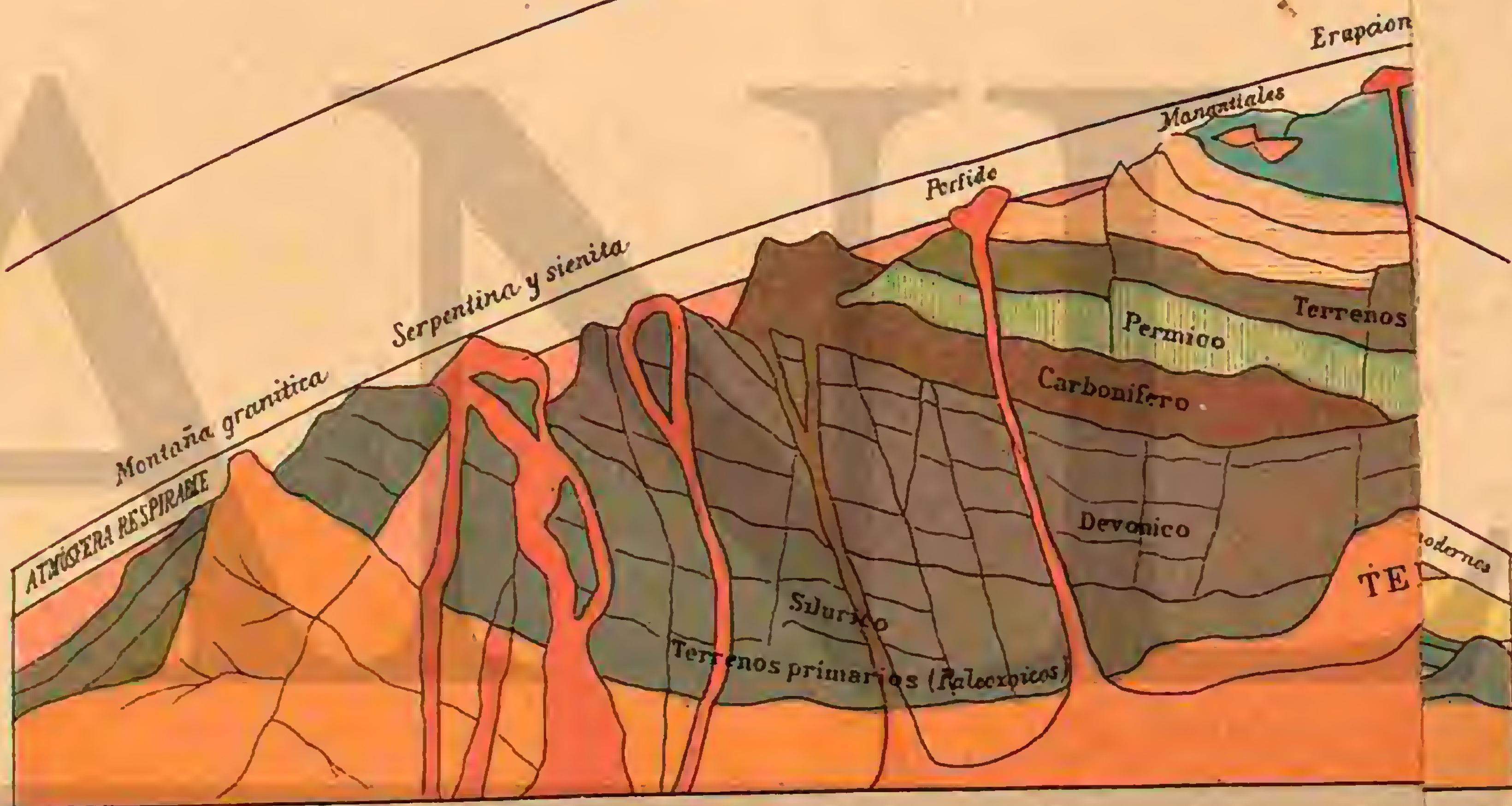
Conglomerados.

Calizas.

Arcillas

Yeso.

Gneis.



ÓMA DE NUEVO LEÓN

CORTE



AL DE BIBLIOTECAS

1.° Primera aglomeracion de la materia (formacion de nebulosas y vias lácteas).

2.° Acumulacion de aquella al rededor de determinados centros (formacion de los soles).

3.° Movimiento de rotacion creciente y separacion de la materia en anillos (formacion de los planetas).

4.° Concentracion de la materia de estos al rededor de un núcleo, y adquisicion consiguiente de la forma esferoidal característica y de una temperatura elevadísima.

5.° Desprendimiento de su materia en anillos (formacion de los satélites).

6.° Los planetas ya constituidos, recorren las diversas fases de su historia física como cuerpos independientes sujetos á la irradiacion del calor (principio de la historia particular de cada planeta, y de los tiempos geológicos, refiriéndonos á la Tierra).

Tomando las cosas desde su orígen, debemos consignar un hecho, el mas importante quizás en la historia que vamos á trazar, y es: que los sistemas hoy mas en boga parten del principio de que la concentracion de la materia al rededor de los planetas determinó una temperatura tan extraordinaria, que originariamente todos ofrecieron un estado análogo al de una masa flúida ó pastosa, y una forma mas ó menos exactamente esférica, siendo la que afectan actualmente, consecuencia legítima de este estado, y del movimiento de rotacion sobre su propio eje y al rededor del Sol. Las ciencias físicas han demostrado este hecho de una manera irrecusable.

La Tierra, como los demás planetas, hubo de ofrecer en su orígen dicho estado molecular y forma, efecto natural de la extraordinaria condensacion que experimentó su materia al pasar de un diámetro como el de la órbita de la Luna, al suyo propio, que es de 1,800 millas.

En cuanto á la forma, M. Plateau, célebre físico de Gante, demostró por medio de los sencillos aparatos representados en las figuras precedentes: 1.° que todo cuerpo líquido puesto en condiciones tales de no encontrar obstáculos la natural atraccion de sus moléculas, adquiere la forma esférica, lo mismo el imperceptible glóbulo de mercurio que la Tierra y el Sol; y 2.° que sometido dicho cuerpo al movimiento de rotacion análogo al que experimentan los planetas, adquiere la forma de esferoide achatado en los polos y abultado en el Ecuador, en razon directa de la rapidez de dicho movimiento, por la accion combinada de las fuerzas centrípeta y centrífuga (fig. 157).

Llevada al seno de un liquido de densidad igual por medio del sifon, la gota de aceite toma, como se ve en el anterior dibujo, la forma esférica.

Si se coloca dicha gota al rededor de un disco sumergido en el líquido de igual densidad y se le somete á un movimiento de rotacion por el sencillo mecanismo que la figura indica, pronto adquiere la forma de esferoide achatado, llegando hasta desprenderse un anillo, si se practica con rapidez y delicadeza el experimento. (Véase fig. 158).

De manera que por estos sencillos medios, Mr. Plateau, no solo consigue probar que la Tierra fué en su principio esférica, y que la forma esferoidal de hoy es resultado del movimiento de rotacion de su masa en estado flúido, sino que confirma de un modo claro y evidente la teoría de Laplace, que nos ha servido de punto de partida.

SEGUNDO PERÍODO.—El período de la historia terrestre comprendido bajo la denominacion general de tiempos geológicos, se extiende desde el momento en que la tierra tuvo existencia propia, hasta la aparicion del hombre en la escena de la creacion. Abraza toda la serie de la cambios y modificaciones que experimentó la materia, así orgánica como inorgánica; acontecimientos que sucediéndose de un modo lento á veces, mas ó menos violentamente otras, dieron por resultado el estado actual de la Tierra. Privada esta de séres vivos durante un período de duracion indeterminada, fué embellecida mas tarde su superficie con todos los atractivos de una vegetacion espléndida y vigorosa, que abrió el camino á la vida animal. La sustitucion de estos séres por otros que se adaptaban mejor á las nuevas condiciones que iba adquiriendo el globo, por efecto de su propio desarrollo, y la repeticion sucesiva de estos acontecimientos enlazados mas ó menos estrechamente con los levantamientos de las montañas y con los cambios experimentados por la materia, completan el cuadro de este gran período histórico terrestre, digno por tantos conceptos de excitar la curiosidad y admiracion del filósofo y del hombre estudioso y pensador.

La capa exterior del globo conserva en su seno, segun hemos visto, los documentos mas auténticos de tan sorprendentes hechos, representados por las rocas y los fósiles que hemos dado á conocer en el cuerpo de la obra, razon por la cual excusamos repeticiones inútiles.

Solo con el fin de aclarar algunos hechos que debieron caracterizar los primeros tiempos geológicos, daremos una idea, adoptando la doctrina de Mr. Delabeche, del modo como obraron los principales elementos que entran en la composicion del globo, en las grandiosas y sublimes operaciones de la Química primitiva terrestre.

Considerando la Tierra en el momento de separarse de la masa atmosférica del Sol, todas las sustancias que la componen hoy, como las aguas, las piedras, los metales, etc., debian presentarse gaseosas, á beneficio de la elevadísima temperatura que reinaba en ella, penetrándose mutuamente, como se observa en toda masa compuesta de gases de naturaleza distinta. Todo esto, empero, cambió en el momento en que por la irradiacion del calor, aquellas sustancias que ocupaban la parte mas exterior de su atmósfera, no encontrando allí la temperatura suficiente para permanecer en aquel estado, tendieron necesariamente á condensarse, separándose del resto de la masa. Impelidas por la gravedad, estas sustancias se precipitaron hácia el centro de la Tierra, hasta que llegaron á una zona cuya temperatura las hizo tomar de nuevo el estado gaseoso, permaneciendo suspensas y constituyendo una capa determinada por su estado termodinámico. De esta manera se verificaba la separacion de la materia componente del globo de un núcleo central, pastoso ígneo, resultado de la accion combinada del calor y la presion, y una atmósfera exterior limitada por la primera capa de enfriamiento, cuya influencia sobre el interior por su propia presion fué tal, que debieron liquidarse y hasta consolidarse muchos cuerpos primitivamente gaseosos, quedando encarcelados y con una tension tan extraordinaria, que determinó en épocas posteriores terremotos, erupciones, oscilaciones de los continentes, y otras manifestaciones plutónicas y volcánicas.

Establecida esta separacion de los materiales del globo, necesariamente la primera capa consolidada tuvo que hallarse sujeta á la influencia de los agentes interiores que la rompieron y alteraron de mil modos distintos, así como á la de los elementos que ocupaban la superficie, entre los cuales el cloro y el oxígeno desempeñaban, á no dudarlo, la funcion mas principal, en razon á la grande afinidad que tienen por los cuerpos que reputamos simples, tales como el silíceo, el aluminio, el sódio, el potasio, el magnesio, el calcio y otros, á la sazon muy abundantes. El cloro se combinó primero con dichos cuerpos, por tener mayor afinidad con ellos que el oxígeno mismo; pero no tardó en abandonarlos á la accion de este, obligando á combinarse con el hidrógeno para for-

mar agua, pues sabido es que la tendencia hácia aquel cuerpo simple es tal, que descompone á la temperatura ordinaria el agua, engendrando ácido clorhídrico.

De manera que en un principio el cloro, sin la intervencion del oxígeno, combinóse con el siliceo, aluminio, sódio, potasio, magnesio, mucho mas abundantes en las partes bajas de aquella atmósfera gaseosa y caótica, formando diversos cloruros que permanecieron en este estado hasta que el oxígeno, combinándose en la parte mas exterior de la atmósfera terrestre con el hidrógeno en las proporciones convenientes, formó el agua primero en vapor, y líqnida despues, es decir, cuando el estado termométrico de la superficie del globo permitió que descendiera á dichas regiones.

Colocadas las cosas en esta disposicion, en el momento en que se hallaron en presencia el cloro del hidrógeno y el oxígeno de los cuerpos metálicos con los que aquel estaba combinado, debió verificarse una serie de operaciones químicas importantes, siendo indudablemente una de las primeras la descomposicion del agua por el cloro para apoderarse del hidrógeno y formar el ácido clorhídrico, dejando una gran cantidad de oxígeno libre, el cual combinándose con los cuerpos que abandonó el cloro, por los cuales tenia y tiene gran afinidad, dió orígen al ácido silícico y á óxidos como el potásico ó potasa, el magnésico ó magnesia, etc.

De estas operaciones ó reacciones químicas resultó la primera oxidacion y consolidacion del globo. La abundancia de materias oxidadas que forman la base de la mayor parte de las rocas antiguas, representadas por silicatos simples ó compuestos de alúmina y potasa, de alúmina y sosa, de alúmina y magnesia, etc., parece confirmar esta suposicion. Tambien contribuye á darle fuerza la falta de cloruros y cloratos en los materiales terrestres antiguos; pues segun toda probabilidad, en el momento en que el sódio pudo presentarse en la escena de tan admirable laboratorio en presencia del agua, la descompuso para combinarse con el oxígeno, y formar el óxido sódico ó la sosa, el cual, influido á su vez por el ácido clorhídrico, constituido ya de antemano, pasó á combinarse con el cloro, formando cloruro sódico y abandonando el oxígeno, el cual á su vez apoderóse del hidrógeno para formar agua. El cloruro sódico ó la sal comun es, pues, resultado de dobles reacciones químicas, que debieron verificarse ya en períodos posteriores; con la particularidad de aumentar al propio tiempo la cantidad de agua en cuyo seno permaneció, comunicando desde un principio á los mares el carácter salado de sus aguas. La circunstancia de no aparecer los criaderos de sal comun hasta en los terrenos silúrico, pérmico y triásico, parece confirmar plenamente esta idea. Tambien debemos citar otro hecho no menos importante, y es que el sódio, existente á la vez en las rocas y en las aguas del mar, en estas se encuentra en estado de cloruro, y en aquellas en el de óxido, ó sea combinado con el oxígeno.

El ázoe, destinado principalmente á corregir en la atmósfera el exceso de oxígeno, y á formar parte de las sustancias orgánicas, así vegetales como animales, probablemente permaneció aislado, sin tomar parte en ninguna combinacion en el inmenso laboratorio terrestre, hasta la aparicion de la vida, como hace sospechar el no hallarse este elemento formando parte de las rocas, sino á partir de los terrenos fosilíferos.

Otro tanto, ó por lo menos algo parecido, debió sucederle al carbono, si se atiende á la escasez de este cuerpo y de sus compuestos en los terrenos primitivos. En un principio debió combinarse este elemento con el oxígeno, y permanecer en la atmósfera en estado de ácido carbónico, hasta la aparicion del gran aparato reductor, ó sea el reino vegetal para empezar sus funciones. Brongniart y otros atribuyen el gran desarrollo de la primera vegetacion, á la cantidad de ácido carbónico que la atmósfera contenia en proporciones mucho mas considerables que en la época actual.

Circunstancias particulares debieron indudablemente oponerse á la combinacion de este elemento, y á la del ácido carbónico con las bases metálicas ó alcalinas, hasta la época en que aparecieron las plantas; lo cierto es que los carbonatos son muy escasos en los terrenos primitivos, notándose que su proporcion aumenta á medida que nos acercamos á los períodos recientes. Parte de este elemento, empero, debió permanecer encerrado en la masa central, pues de otro modo no podria explicarse plausiblemente, la cantidad prodigiosa que aparece á través de los estratos terrestres, y muy principalmente por los centros de actividad volcánica.

El azufre es de naturaleza tan volátil, que indudablemente debió permanecer en estado de gas suspenso en la parte exterior de la atmósfera, aun en épocas muy posteriores, hasta que combinado con el oxígeno formó el ácido sulfuroso, que en presencia del vapor de agua, debió pasar á sulfúrico ó sulfhídrico, formando los sulfatos. Tambien debió mostrar tendencia á combinarse directamente con los metales, siquiera fuese en épocas posteriores, cuando la temperatura hubo bajado considerablemente y cuando no quedaba oxígeno libre; pues la gran afinidad de este por aquel, hubiera sido un obstáculo invencible á semejantes combinaciones. Estas dieron por resultado la formacion de piritas de hierro y de cobre, las galenas, blendas, etc., entre las cuales solo las primeras se encuentran en terrenos muy antiguos.

A pesar de lo dicho, y aunque en apariencia sea una contradiccion, parte del azufre debió permanecer en el seno de la tierra, pues no de otro modo se explicaria la cantidad que aparece continuamente por las chimeneas volcánicas, ni tampoco el que se encuentra en los filones metalíferos, producto de la accion interior. Ahora, en qué estado y bajo qué condiciones esta sustancia tan volátil puede permanecer en el interior del globo, donde reina actualmente una temperatura extraordinaria, es un problema muy difícil de resolver; si bien la presion y el agua deben haber desempeñado un papel muy principal.

El fluor, otro de los elementos componentes del globo, debió hallarse tambien en abundancia en aquellos remotos períodos, probablemente combinado desde un principio con el hidrógeno, atendida su gran afinidad. Este elemento, con sus análogos el bromo, yodo, cloro, etc., debieron ejercer gran influencia en la formacion de las rocas primitivas, de las cuales se separaron despues, contribuyendo á la formacion de varias sustancias minerales, y principalmente á la del topacio, mica y otras, como lo ha demostrado el señor Delesse en su Memoria sobre la pecmatita de Irlanda.

Respecto del fósforo, su importancia, como dice Delabeche, es demasiado escasa para que nos detengamos en examinar su accion; sin embargo, destinado á formar parte esencial de los animales, seria curioso saber qué lugar ocupó y en qué combinaciones se hallaba antes de la aparicion de estos séres en el globo.

Resultado de tan curiosas y complicadas reacciones en el inmenso laboratorio, á las que contribuyó tambien el agua física y químicamente considerada, fueron las rocas plutónicas, el agua de los océanos con el cloruro sódico y la separacion de la materia del globo en tres partes, á saber: un núcleo central, una atmósfera exterior, y la capa enfriada, que es la que determinó la separacion, verdadera clave de los estudios geológicos, y causa eficiente de la mayor parte de los hechos expuestos en el cuerpo de la obra.

Tercer período.—El período último ó histórico de la Tierra, débil reflejo de los anteriores, abraza la serie de acontecimientos que pasan á nuestra vista, desde la aparicion del hombre. Todos ellos se reducen á dos hechos capitales, y son: formacion en el fondo de los lagos y mares de terrenos de sedimento, resultado de la destruccion ó desgaste de las montañas y del trasporte de los materiales por las aguas mismas, y reaccion del elemento interior ígneo sobre la costra sólida, produciendo en ella dislocaciones y quebrantamientos, que se traducen por el metamorfismo de las rocas, por las fallas, saltos ó hendiduras, por la discordancia de estratificacion de las capas fosilíferas, etc., etc.

Conocida por todo lo que precede la verdadera índole de los estudios geológicos y los principios fundamentales en que estriba la ciencia, solo nos falta para dar cima á la empresa, ponerlos en parangon con los que forman la base del dogma de nuestras creencias religiosas, á fin de hacer resaltar la armonía que existe entre estos dos géneros de estudio, en los que se funda á la vez el amor á Dios y á la ciencia. Antes, sin embargo, de entrar en materia, séanos permitido hacer una somera indicacion de las causas que han contribuido á que se creyera equivocadamente por algunos, que los conocimientos geológicos eran enemigos é incompatibles con nuestra santa religion, trazando de paso una sumaria reseña de la historia de la ciencia.

El estado de atraso intelectual en época no muy lejana, hizo creer á muchas gentes que la Geología, ó por mejor decir, los que la cultivaban, al querer descifrar los acontecimientos de la historia física del globo, y sobre todo la naturaleza y procedencia de los fósiles, se declaraban enemigos de los libros sagrados, pretendiendo equivocadamente que estos establecian ser simples efectos del diluvio, el cual no debia considerarse comprendido en la esfera de los hechos naturales. Con este motivo se ejerció tal presion en las personas timoratas, que un hombre tan eminente como Falopio, atribuyó á concreciones calizas unas defensas de elefante fósil encontradas en Calabria. No faltaron, empero, campeones ilustres y genios superiores que, sobreponiéndose á tales preocupaciones de la época, sostuvieran las sanas doctrinas, negando que todos los fósiles fueran resultado del diluvio ó de la influencia de las estrellas, como pretendian otros; admitiendo la posibilidad de creaciones sucesivas y su desaparicion por catástrofes análogas á la de que nos habla Moisés. De este número fueron el famoso pintor y poeta Leonardo da Vinci, Fra Castor, Lazzaro Moro, Fabio Colona, y otras lumbreras del renacimiento de las artes y letras en Italia, y el famoso Bernardo de Palissy en Francia.

Estas discusiones se agitaron, como no podia menos, en nuestra patria; siendo dos ilustres religiosos, Feijóo y Torrubia, los sostenedores de la liza á mediados del siglo XVIII.

En el *Aparato para la Historia general de España* consigna el P. Torrubia una multitud de hechos importantes acerca de las petrificaciones y minerales encontrados por él y por otros observadores, así en la Península como en América y en las islas Filipinas, y da noticias importantes acerca de los volcanes de América y de otros hechos que mas ó menos directamente se enlazan con la constitucion física del globo. Y aunque suele incurrir en algun error, y en ideas que hoy nos parecen ridículas, como la de referir la formacion y traslacion de los fósiles de unos puntos á otros á la sola accion del diluvio, y la de considerar los huesos fósiles de Concud como pertenecientes á gigantes, que poblaron esta parte de Europa en épocas antiguas, á cuya materia dedica el párrafo 10 con el título de *Gigantología española;* á pesar de todos estos extravíos, disculpables hasta cierto punto en la época en que escribió, el P. Torrubia se declara partidario de la naturaleza orgánica de los fósiles contra el parecer de hombres muy respetables, que los creian juegos y caprichos de la naturaleza, ó hijos de la influencia de las estrellas. Aduciendo razones para combatir estas ideas, bastante generalizadas á la sazon, se expresa en estos términos en el párrafo quinto: «Si la naturaleza jugó en su formacion, »pudo haberlo hecho con mas libertad. Yo no sé, añade, có»mo se sujetó á imitar (cuando jugaba) tan severamente las »justas dimensiones, líneas y reglas que guarda en las gene»rales producciones de los cuerpos marinos verdaderos. Ni »tampoco sé por qué no juega en nuestros tiempos, como »dicen que jugaba entonces.» Y mas adelante dice: «Basta »para ello parangonar con serio juicio de hombre honrado »todos los testáceos y demás piezas que en nuestros montes »se hallan, con aquellos que en el distante mar se crian. Si »la vista de la total semejanza en los lineamientos de su su»perficie y convexidad, del grosor, de la figura, de los con»tornos, de las divisiones, de las líneas, filos, relieves, nudos, »suturas, y por toda la exterior configuracion de nuestras »piezas, no decide victoriosamente por la identidad de ellas »con las marinas, será preciso tolerar el argumento de los »que quieren probarnos por los mismos principios, que al»gunos de los sujetos con quienes tratamos no son hombres, »sino juguetes de la naturaleza.»

Como ilustracion, y en apoyo de tan sana doctrina, mandó grabar el P. Torrubia catorce láminas, que figuran al final de su obra, destinadas la mayor parte á representar fósiles españoles perfectamente dibujados, y de cuyo criadero trata extensamente y con exactitud en el texto. No dió este naturalista nombres científicos á la parte de los fosiles que figuran en las mencionadas láminas, por el atraso en que se hallaba la ciencia á la sazon; pero constantemente los refiere á los nombres adoptados por autores italianos, ingleses y franceses, dando con ello repetidas y evidentes pruebas de la vasta erudicion que poseia este olvidado escritor.

El otro campeon español, que tomó parte en todas estas cuestiones, fué el célebre P. Feijóo, cuya sólida instruccion y gran perspicacia le colocó muy por encima de los escritores de su siglo. A él se debe la primera idea tal vez de referir la causa de los terremotos á los fenómenos eléctricos, teoría que trató de probar en una obra publicada en 1756, con motivo del famoso terremoto de Lisboa, acaecido en 1.° de noviembre de 1755 (1).

Discurriendo Feijóo en su *Teatro crítico* acerca del orígen y naturaleza de los fósiles, que cree verdaderos representantes de séres antiguos, se expresa en estos términos: «Los filósofos anteriores á estos últimos tiempos que discurrian al baratillo, y en el exámen de las cosas naturales se satisfacian de cualquiera idea, se contentaron con decir que estas configuraciones eran puros juegos de la naturaleza ó meras producciones del acaso. Pero los modernos, que estudian la Física, no precisamente dentro de sus aposentos ó habitaciones, sino en los montes, en los llanos, en las selvas, en los rios, en los mares, examinando la naturaleza en sí misma, no en las vanas especulaciones de la naturaleza, que frecuentemente ofrece la imaginacion destituida de la experiencia, tienen por cosa de risa ese natural juego ó produccion del acaso. Seria, sin duda, cosa admirable, añade, que por acaso se conformara una piedra, observando en sus externos lineamientos la perfecta figura de una planta, de un pez ó de otro cualquier viviente.»

En la grave cuestion de si los fósiles son resultado del diluvio, el padre Feijóo rechaza la posibilidad de que las

(1) «Nuevo systhema sobre la causa physica de los terremotos, explicado por los phenómenos eléctricos.» Puerto de Santa María, 1756.

aguas de este gran cataclismo hubieran podido trasportar de América y Asia á Europa, multitud de séres marinos que se encuentran petrificados en las montañas de la Península, y cuyos análogos no se observan en el Mediterráneo y sí en tan apartadas regiones. Y tratando en el tomo VII, discurso segundo, de darse razon de este hecho singular, se explica en estos términos: «Nuestra suposicion es que esas plantas peregrinas, cuya impresion se halla en algunas piedras de nuestras regiones, aunque hoy son peregrinas, no en todos tiempos lo fueron; antes en aquel en que se configuraron esas piedras, se criaban en los mismos sitios ó países donde se hallan las piedras.»

En 1775 apareció en la escena de la ciencia el gran Werner, nombrado en dicho año profesor de Mineralogía en la escuela de Freyberg (Sajonia), á la que muy pronto dió una inmensa y universal reputacion, acudiendo de todas partes discípulos ilustres, ansiosos de oir á tan gran maestro.

Werner asentó sobre verdaderas bases la ciencia geológica, á la cual consideró en sus brillantes lecciones, no ya de una manera hipotética, como se habia hecho hasta entonces, sino mas bien bajo el punto de vista de la inmensa utilidad de su estudio en sus diversas aplicaciones, y particularmente al arte del minero. De esta manera, y creando la ciencia y su lenguaje propio, contribuyó eficazmente á imprimirle el sello grave de que carecia, logrando por la sencillez de estilo y por las brillantes dotes que le adornaban en la cátedra, arrastrar á sus discípulos por el verdadero camino que debia seguir la ciencia, perfeccionada mas tarde por los Humboldts, los Debuchs, los Saussures y otros hombres eminentes.

Pero en medio de tan felices circunstancias y del profundo conocimiento que poseia de los minerales, Werner adoleció del defecto de no viajar; de donde resultó la falsa creencia arraigada en su ánimo de que la tierra toda se hallaba compuesta de los mismos materiales que la Sajonia, y lo que es aun mas, dispuestos del mismo modo que en aquella exigua region. Así es que, partiendo del supuesto de que los basaltos y otras rocas análogas eran resultado de precipitaciones químicas desprendidas de un flúido, que él mismo no supo definir sino con el nombre de *caótico*, hizo extensiva esta idea á todos los productos que despues, y aun antes que él, se habian considerado como de orígen ígneo.

Este fué el fundamento y punto de partida de la escuela *neptunista*, así llamada por creer sus adeptos que todas estas rocas, y aun el globo entero, eran resultado de la disolucion en aquel flúido de naturaleza desconocida. Consideraba esta escuela á la tierra sujeta á causas imaginarias, que despues de haber ocasionado grandes revoluciones, habian cesado de obrar, apareciendo entonces otras de orígen reciente, entre las cuales figuraba el fuego como una de las mas activas. Esta teoría, cuyo maestro y fundador fué Werner, reinó en absoluto por mucho tiempo en el campo de la ciencia, ejerciendo una presion desmedida é inconsiderada sobre los que la cultivaban, hasta el punto que el profesor Tondi decia en sus últimos años á mi amigo el eminente Scacchi, de Nápoles, y éste me lo refirió en 1852, que si álguien se atreviera á proclamar ígneo el origen del granito, le daria una *coltellata* (cuchillada).

Lo mas singular de la aparicion de esta doctrina es que ya antes de haberla establecido Werner, se habia declarado ígneo el granito, y mas particularmente los productos volcánicos de Italia, por Arduino, Fortis, Desmarest, Dolomieu y otros eminentes geólogos; así como los del ducado de Hesse, por Raspe; los de la Auvernia y el Vivarais, por Desmarest, Guettard y Faujas; los de Islandia, por Bank, Solander y Troil, etc. De manera que Werner, por la sola razon de su omnímoda influencia, determinó un movimiento retrógrado en la historia de la ciencia, destruyendo una teoría racional fundada, hacia mas de veinte años, en el conocimiento de la verdadera naturaleza de ciertos productos ígneos, y reemplazándola con la doctrina mas antifilosófica que puede imaginarse, fundada sobre causas y agentes hipotéticos y de naturaleza desconocida.

Fanatizados los discípulos de Freyberg y arrastrados por la profunda veneracion y respeto que profesaban á su maestro, ardian en deseos de luchar con sus adversarios llamados *volcanistas*, por fundarse sus ideas acerca del orígen ígneo de ciertas rocas en el conocimiento de las regiones y productos de los volcanes italianos, alemanes y franceses. Tampoco tardaron estos, como dice con oportunidad Lyell, en experimentar una disposicion de ánimo semejante, originándose una lucha terrible é inconveniente, en la cual se combatia con las armas de la ironía y del ridículo, terminando por tomar un carácter mucho mas personal que científico.

Esta guerra sin tregua se extendió á la Gran Bretaña, donde en medio de la atmósfera neptunista ó werneriana, representada por Kirwan, Whiston y otros, apareció el célebre escocés Hutton, residente en Edimburgo, el cual, dotado de una sólida instruccion y de tendencias diametralmente opuestas á las de Werner, levantó bandera por el volcanismo y el plutonismo.

En 1788 publicó este autor su Teoría de la Tierra, que amplió en 1795, en la cual estableció por primera vez los principios fundamentales de una doctrina que habia de servir mas tarde de base á los ulteriores y verdaderos progresos de la ciencia. Declarando categóricamente Hutton que la Geología debe permanecer ajena á las cuestiones que se rozan con el orígen de las cosas, establece que todos los cambios que ha experimentado la tierra son resultado de causas naturales, sin que haya necesidad de recurrir á la influencia de agentes sobrenaturales.

Hutton creia que la estructura actual de la Tierra revela la ruina de un mundo antiguo, y que en su virtud las capas y materiales que constituyen hoy los continentes, se han formado en el seno de los mares, y proceden de los restos de otros anteriores. Por otra parte, este ilustre geólogo admitia que las causas que obran hoy en la Tierra, no solo son las mismas que las de otros tiempos, sino que se conducen de idéntica manera, destruyéndolo todo por la vía química ó mecánica, y trasportando al fondo del mar los materiales que han de dar orígen á bancos análogos á los de otros períodos. Depositados allí estos materiales, sin consistencia alguna al principio, la adquieren despues, sufriendo al propio tiempo diferentes modificaciones por efecto del calor volcánico que los endurece, los levanta, los fractura y atormenta ó disloca de mil diferentes maneras.

Estas ideas, tan exactas como racionales, fueron el punto de partida de las doctrinas hoy dominantes en el campo de la ciencia, de las causas actuales del levantamiento de las montañas y del metamorfismo que hemos adoptado en el cuerpo de la obra, si bien dando participacion al agua y á otros agentes no menos poderosos, cuyo gérmen se encuentra ya en los escritos del gran Leibnitz y del célebre danés Stenon.

Persuadido Hutton de la naturaleza ígnea de los productos volcánicos, á pesar de no haber visto ninguna region clásica, creia tambien que así los basaltos, como muchas otras rocas conocidas entonces bajo la vaga denominacion de trapp, habian sido inyectadas á través de los materiales terrestres en estado de fusion. Penetrado de esta idea y decidido á encontrar en la naturaleza misma ejemplos que la confirmaran, se fué á explorar la cordillera de los montes

Grampianos (centro de Inglaterra), viéndose coronados sus deseos del mas brillante éxito. Con efecto, habiendo visto en Glen-Tilt varias venas de granito rojo, que desprendiéndose de la masa principal, penetraban á través de un depósito de pizarras negras y de caliza, reputada entonces, segun las ideas de Werner, por primitiva, observó que estas rocas estaban alteradas profundamente al contacto del granito, y que esta alteracion era muy análoga á la que experimentan á las inmediaciones del basalto; razon mas que suficiente para creer que las habia determinado el estado de fusion del granito, y de consiguiente que su estado debia ser ígneo y de época posterior á la de las rocas atravesadas.

Pero la lucha entre los sectarios de ambas escuelas, alemana y escocesa, llegó á tomar un carácter inusitado de acritud, por efecto de la torcida interpretacion que se dió á las ideas de Hutton, á quien se acusaba de estar en oposicion con los libros sagrados, suponiéndole defensor de la eternidad de la materia, y de la necesidad del trascurso de muchos miles de siglos para que la tierra llegara á adquirir el estado actual, determinados todos los accidentes que la distinguen por la accion lenta de las causas naturales que obran á nuestra vista.

Al propio tiempo, las circunstancias especiales que ofrecia en aquella época la Europa profundamente conmovida por la revolucion francesa, preparada ya de antemano por acontecimientos y escritos que no es de este lugar discutir ni calificar, contribuyeron eficazmente á recrudecer la guerra científica, pues mientras los unos se esforzaban en hacer coincidir todos los hechos geológicos con los libros sagrados, los otros, y entre ellos Voltaire y sus secuaces, se valian del ridículo y del superficial conocimiento de la ciencia, para destruir los principios fundamentales de nuestra santa religion.

En esta lucha de gigantescas proporciones, y en la cual la geología, mal comprendida por unos y otros, sirvió alternativamente de apoyo firmísimo y de formidable ariete contra las creencias religiosas, vióse confirmada así la importancia de una ciencia, que tan estrechamente enlazada aparece con lo que en último resultado interesa mas al hombre, como el extravío en que cae todo el que, preocupado por una idea, hace servir en su apoyo los conocimientos superficiales de que se cree adornado. Así es que mientras por un lado Deluc y Kirwan, adoptando hasta cierto punto las ideas extravagantes emitidas á últimos del siglo XVII por Woodward, Burnet y Whiston, referian á la accion del diluvio la formacion de los fósiles y el estado actual del globo, con el fin de poner la ciencia en armonía con la relacion de Moisés; Voltaire y los de su escuela llevaban el ridículo hasta el punto de negar unas veces el orígen orgánico de los fósiles, retrocediendo á la época de Agrícola y Mercati, en que se consideraban efecto de una fuerza plástica residente en la tierra, ó de la influencia de las estrellas, ó de referirlos otras, y en especial los de las inmediaciones de Paris, á las conchas que habian dejado á su paso los peregrinos procedentes de Jerusalen.

Lo dicho basta para formarse idea del espíritu de la época, y para comprender cuáles fueron las verdaderas causas de la marcha incierta de la ciencia, y aun del atraso en que se encontraba al espirar el siglo último. Neptunistas y volcanistas, ó wernerianos y huttonianos antiguos y modernos, disputaban incesantemente y con acritud, mas bien para hacer triunfar sus respectivas doctrinas ó destruir las contrarias, como dice Lyell, que con el fin de dar impulso y contribuir al progreso de la verdadera ciencia. Y si al espíritu ciego y personal que infundia en cada uno la respectiva escuela, se añade el carácter religioso de los unos, llevado hasta el fanatismo, y el heterodoxo ó anticristiano de los otros, ó por lo menos de aquellos que, aunque ajenos á la ciencia, creian encontrar en las doctrinas de la escuela de Edimburgo armas de buena ley para combatir las verdades del *Génesis*, se comprenderá sin gran esfuerzo, no solo el estado de la ciencia, sino que tambien la necesidad de que apareciera una nueva escuela, que prescindiendo de las eternas disputas de unos y otros, se dedicara á cultivar la ciencia bajo su verdadero punto de vista.

Esta idea grande y verdaderamente filosófica la realizó la Sociedad Geológica de Lóndres, creada en 1807, cuyos individuos, partiendo del principio de la falta de datos para poder establecer un sistema verdadero, se dedicaron con asiduidad á recoger y acumular datos, que estudiados imparcialmente y fuera de la influencia perjudicial de las escuelas reinantes, y ordenados en tiempo oportuno, sirvieran para asentar sobre verdaderos y sólidos cimientos la historia física de la Tierra.

Los sorprendentes progresos desde aquella época realizados, comparados con la marcha incierta y vacilante que en los anteriores siglos llevara la ciencia, atestiguan una vez mas la bondad del plan por la Sociedad Geológica de Lóndres propuesto.

A beneficio de este nuevo rumbo, preparado de antemano por las publicaciones de Smith, se sentaron las bases de la clasificacion de los terrenos secundarios, que ha subsistido y subsiste, aunque algo modificada, como lo acredita, entre otras cosas, la nomenclatura enteramente inglesa que se ha adoptado por todo el mundo.

Este movimiento científico de la Gran Bretaña se comunicó, ó coincidió, con la aparicion en Francia de tres hombres extraordinarios, á saber: Cuvier, Brongniart y Lamark, los cuales, siguiendo el mismo camino, establecieron la clasificacion de los terrenos terciarios de Paris, y su contemporaneidad con los del Vicentino, en dos excelentes publicaciones, que son: el *Ensayo sobre la Geografía mineralógica y sobre los restos fósiles de los alrededores de Paris*, debida á los dos primeros, y la *Memoria sobre los terrenos del Vicentino*, del segundo. Lamark contribuyó eficazmente, y tambien mas tarde el eminente Deshayes, á este movimiento, dando á conocer un número extraordinario de animales fósiles.

Sobre estos datos y la Anatomía comparada, que acababa de elevarse al rango de verdadera ciencia, fundaba por entonces el gran Cuvier la Paleontología, el mas firme apoyo de la historia de la Tierra.

Contribuyó eficazmente á este movimiento científico la publicacion de algunos tratados de Geología, como la *Nouvelle Géologie* de Bertrand, el *Ensayo de Geología* de Faujas, la *Introduccion al estudio de la Geología*, de Breislak, y otros no menos importantes, cuya tendencia era sistematizar el estudio de la ciencia, presentándola bajo un punto de vista nuevo, y destituida de teorías é hipótesis absurdas.

Apareció mas tarde el cuadro de la clasificacion de los materiales que componen el globo, agrupados bajo la denominacion de formaciones, y arreglado segun el órden de sobreposicion por el gran Humboldt, y aunque cerca de un siglo antes ya habia echado Arduino las bases de este trabajo importante, sin embargo, la serie cronológica aparecia ya mucho mas clara.

Este fué, por otro lado, un gran paso hácia el establecimiento de la Estratigrafía, que segun hemos demostrado en el cuerpo de la obra, es con la Paleontología la base fundamental de la historia terrestre.

Desde este momento, fundada la ciencia sobre bases fijas, y puesta en tan buen camino, ya no podia retroceder, y así

ha sucedido con efecto, gracias á todas estas circunstancias y á la creacion en 1830 de la Sociedad geológica de Francia y otras semejantes en diversos países, y á la ilustrada y asidua cooperacion que ha recibido de Sowerby, Lyell, Delabeche y Murchisson en Inglaterra; de Dufrenoy, Elie de Beaumont, Cordier, Constant Prevost, Deshayes y otros no menos ilustres geólogos en Francia; de Goldfuss, Munster, Humboldt, Debuch, Bronn, Mayer, Haindinger, Boué, Unger, etc. en Alemania: de Studer, Carpentier, Eschier, Merian, Agassiz, Dessor, Pictet, Favre, Morlot y otros en Suiza, etc., etc.

En esta somera reseña de la marcha que ha seguido la Geología, puede notarse un hecho, por cierto bien curioso, aunque no imprevisto, ni del todo nuevo en la historia, á saber: que el escaso ó imperfecto conocimiento de la ciencia conduce lo mismo á la preocupacion fanática, que á la incredulidad y al escepticismo con todas sus ridículas consecuencias, personificadas en el caso presente por Burnet y Kirwan de un lado, y por Voltaire y los de su escuela por otro, mientras que los sólidos y bien dirigidos estudios, dan por resultado el establecimiento de la verdadera armonía entre la Geología y las ciencias modernas, y los libros sagrados, fundada en la prudente y nada heterodoxa interpretacion de estos. Las publicaciones de Bukland, Waterkeyn, Marcel de Serres, y del eminente cardenal Wiseman, son la mas plena confirmacion de lo que se acaba de indicar, pues habiendo llegado la ciencia á establecer la verdadera cronología terrestre, y á esclarecer gran número de cuestiones relativas al orígen y á la naturaleza de los trastornos á que ha estado sujeta la tierra en su larga historia, no ha sido nada difícil alcanzar la demostracion de esta admirable armonía, en cuyo exámen vamos á ocuparnos brevemente.

Antes, sin embargo, conviene advertir, que Moisés no se propuso dar en el Génesis un tratado de Geología, ni de ninguna otra ciencia, sino mas bien hacer comprender á los hebreos la grandeza y omnipotencia de Dios Creador, y evitar de esta manera que cayesen en la idolatría; lo cual era mas fácil de conseguir, diciendo que á la sola palabra de Dios: *Fiat lux*, apareció la luz, que si les hubiera dado un tratado de Optica. Sirva esto de aclaracion para aquellos que considerando aquel libro sublime bajo el punto de vista físico, créenlo incompleto.

Moisés, como dice con oportunidad Marcel de Serres, no se propuso dar á conocer el modo ó procedimiento empleado en formar el mundo, sino mas bien señalarnos el Sér omnipotente á quien se debe una obra tan maravillosa.

Tambien conviene aclarar otro punto antes de establecer el paralelo entre la ciencia y los libros sagrados, á saber: la interpretacion que debe darse á la palabra *Iom*, empleada por Moisés al describir el órden de la creacion. Unos la toman como sinónima de dia natural, fundándose en la version latina *Dies;* y de aquí deducen que la creacion fué obra de seis dias; obra sobrenatural en la que solo intervino la voluntad del Supremo, prescindiendo del modo lento como actúan las causas físicas. De esta equivocada interpretacion nacieron, por una parte, las invectivas y calificaciones mas duras sobre aquellos que, como Buffon y Hutton, reclamaban muchos miles de siglos para la realizacion de los acontecimientos que distinguen la creacion universal y la historia de la Tierra en particular, y por otra la creencia de muchos, que no mirando la cuestion bajo su verdadero punto de vista, consideraban al Génesis como simple relato de milagros.

Los orientalistas y las personas que han estudiado á fondo la cuestion, dicen que la palabra *Iom*, en hebreo, no solo representa un dia natural, sino tambien un período de tiempo indefinido ó de duracion indeterminada; opinion que hoy está generalmente admitida, tanto por el sentido vago que se da en dicha lengua, cuanto por otras razones deducidas del propio texto del Génesis. Con efecto, ¿cómo habia el *Iom* de representar un dia natural en la historia de la creacion, cuando hasta el cuarto período no aparecieron el sol y la luna, que segun Moisés, habian de servir para marcar los tiempos, los dias y los años? Además el legislador hebreo al terminar la historia de la creacion de cada Iom, se vale de las expresiones *Hereb* ó *Ereb*, que significa fin, y *Boker*, principio, mal vertidas al castellano, por tarde y mañana, y se observa que esta frase sacramental, falta en el séptimo dia, lo cual confirma la idea de que son períodos y no dias los de la creacion, debiendo referirse al parecer esta expresion, á que representando aquel la época histórica, mal podia hablar Moisés de su fin ó *Hereb*, cuando todavía no se habia llegado á él, ó por mejor decir, cuando se estaba en el *Boker* ó en el principio.

Por otra parte, el considerar los dias de la creacion como épocas, no se crea que es una licencia poética que se han tomado en los tiempos modernos los que tratan de armonizar el Génesis con la ciencia, pues la cosmografía etrusca ya admitia que aquella fué obra de seis mil años. Además en la Escritura encuéntranse á menudo frases que autorizan esta interpretacion. «Mil años, dice el Profeta, son como el dia de ayer que pasó.» San Pablo llama dia á todo el tiempo concedido al hombre para residir ó peregrinar en la tierra. Moisés la emplea en el sentido de época, cuando determinada la creacion, dice:

«Tales han sido las generaciones de los séres en el dia en que Dios creó el cielo y la tierra.»

De consiguiente, los seis *Ioms* son dias de Dios, dias bíblicos, ó como dice el gran Bossuet, «los seis progresos ó desarrollos sucesivos, en virtud de los cuales el mundo ha llegado á adquirir el estado actual, en manera alguna comparables con los dias naturales.» Semejante interpretacion nada tiene, por otra parte, de heterodoxa, supuesto que los períodos determinados se refieren á la limitada existencia del hombre y al tiempo que necesita la materia para realizar todas sus actividades; en modo alguno hacen referencia á Dios, que siendo infinito y eterno, no reconoce pasado, presente ni futuro.

Para Él, la creacion ha sido la obra de seis instantes indivisibles, como decia San Agustin, y no deja de ser sorprendente y maravillosa esta grande obra, por mas que el hombre necesite la intervencion del tiempo para darse razon de la multitud de hechos que á ella se refieren, en el órden físico y material.

Otra indicacion no menos importante cumple á nuestro objeto hacer, y es que segun Marcel, el legislador hebreo se vale del verbo *bara*, que significa en dicho idioma crear, cuando trata de dar á conocer que Dios sacó de la nada la materia, como por ejemplo, en el primer versículo en el que se refiere á un período antes del cual aquella no existia aun, y en el que por consiguiente Dios la creó por un acto de su poder infinito. Mientras que cuando Moisés quiere indicar, que Dios, creada ya la materia, quiso darle alguna nueva forma ó disponerla de otro modo, se vale del verbo *assa* ó *asah*, que significa hacer, disponer ó apropiar una cosa al objeto para que fué creada. Así, por ejemplo, cuando en el cuarto dia apareció el sol con su atmósfera luminosa propia, no se vale del verbo *bara*, pues el astro ya estaba creado, sino de *assa*. Al señalar Moisés la aparicion de la luz, se vale de la expresion *yei vayei* que corresponde al verbo *ser;* por consiguiente, es mas propio decir que la luz sea, que el *fiat lux* que generalmente se emplea.

Dados estos antecedentes, debemos ya proceder á la comparacion armoniosa entre las verdades reveladas por el Génesis, y los principios ó axiomas de las ciencias.

CONCORDANCIA

ENTRE EL GÉNESIS Y LAS CIENCIAS

CAPITULO I

1.° En el principio creó Dios los cielos y la tierra.

1.° La ciencia, como el *Génesis*, admite dos grandes períodos en la creacion; el primero se determina por la aparicion de la materia que habia de constituir mas tarde los centros planetarios, los planetas y sus satélites (período que hemos llamado cósmico), de duracion indefinida, y antes del cual la materia no existia, por mas que esta idea se resista á la limitada inteligencia del hombre. El segundo se relaciona con la historia particular de la Tierra, y corresponde á los que llamamos tiempos geológicos. Este primer versículo alude á la creacion que se efectuó en el principio y no en el primer dia, como equivocadamente pretenden algunos.

2.° La tierra era una materia informe y estaba en el caos «boou ó bou.» Las tinieblas cubrian el abismo y los vientos agitaban las aguas.
3.° Dios dijo que la luz « our ó aour en hebreo» sea, y la luz fué.
4.° Dios vió que la luz era buena, y la separó de las tinieblas.
5.° Y llamó á la luz dia, y á las tinieblas noche.
Y fué de la tarde «Hereb, fin,» y de la mañana «Bocker, principio,» el primer dia ó «Iom.»

2.° (2 á 5). El segundo período empieza en lo que propiamente puede llamarse primer dia ó *Iom*, en el que creada ya la materia y la luz, Moisés se ocupa de un modo especial en pintarnos el aspecto que la tierra ofrecia en el principio de su existencia propia, y cuyos cambios sucesivos forman el objeto casi exclusivo del resto de su narracion, por ser esta la materia que mas directamente interesaba al hombre.

Lo admirable de este versículo es la exacta coincidencia que se nota entre la sorprendente pintura que Moisés hace del estado de la tierra en el principio de su vida propia, y lo que la ciencia admite hoy. Con efecto, pues segun hemos manifestado en el cuerpo de la obra, al separarse aquella de la atmósfera del Sol, y al agruparse la materia al rededor de su núcleo, debia hallarse formada de la mezcla confusa de todas las sustancias que la componen, reducidas al estado gaseoso por efecto de la elevadísima temperatura que reinaba en toda su masa; estado de caos, que difícilmente pudiera describirse mejor y con mas elegancia de estilo, que con las solemnes frases que emplea el legislador hebreo.

En cuanto á lo de la luz á que se refiere el versículo 3.°, debemos observar que hay mas exactitud en la version de los Setenta, que hemos adoptado, que en la *Vulgata*, pues aquella no fué hecha en este segundo período; lo estaba ya desde el principio de la creacion y mucho antes de la existencia de la atmósfera luminosa que rodeó mas tarde á todos los astros, y particularmente al Sol, destinado á ser centro de nuestro sistema. Es decir, que en el momento de crear los cielos y la tierra, Dios comunicó á la materia el primer impulso ó actividad, siendo la luz y su separacion de las tinieblas, como dice el cuarto versículo, uno de los primeros efectos de la dinámica universal. Operaciones admirables expresadas por Moisés con una exactitud y sublimidad de lenguaje propias únicamente de un espíritu iluminado por la revelacion, ó dotado de la perspicacia del genio, que adivina los misterios de la naturaleza á través de las espesas sombras que los rodean, realizando de este modo la inspiracion que lleva á los demás hombres un rayo de la verdad eterna, como dice Marcel. Con efecto, el legislador hebreo parece haber previsto los resultados de las investigaciones científicas, llevadas á cabo cuarenta siglos despues; supuesto que la ciencia establece hoy que la luz no es una sustancia independiente que emana de este ó del otro cuerpo planetario, sino mas bien resultado de las ondulaciones ó vibraciones del éter determinadas á la manera del sonido, por la accion de los cuerpos, que por esta razon se han llamado y se llaman luminosos. Cada molécula de materia posee cierta cantidad propia de luz, de calor y de electricidad, manifestaciones tal vez de una misma causa, segun se cree hoy, é independiente de los que impropiamente se llaman rayos solares. La distincion, pues, que hace Moisés entre la luz primitiva, comun á todo cuerpo, y la que mas tarde recibió la Tierra del Sol, de la que dependen las condiciones climatológicas llamadas solares, se halla tan conforme con lo que la Física enseña hoy, que léjos de estar en oposicion con la ciencia, la confirma plenamente, ó por mejor decir, esta ha llegado, á favor de observaciones y experimentos sin número, á los mismos resultados que el Génesis habia previsto cuarenta siglos antes.

Además la palabra *or* ó *aor* significa en hebreo luz, llama, fuego y calor, y tambien un flúido que se pone en accion por ondulacion; al emplear Moisés esta voz de significado tan vago, estableció otro principio reconocido hoy por casi todo el mundo, á saber: que la luz y el calor son manifestaciones de una misma causa.

Si recordamos, por otra parte, lo que tantas veces hemos dicho acerca del estado primitivo del globo, se verá aun mas confirmada toda la doctrina de estos versículos del Génesis, pues hasta podria referirse el *or* ó *aor*, al estado luminoso y de elevadísima temperatura que reinaba á la sazon en la superficie terrestre.

6.° Dijo tambien Dios: Hágase el firmamento «rakia» en medio de las aguas, y que se separen las aguas de las aguas.
7.° Y Dios hizo el firmamento, y separó las aguas que estaban debajo de las que estaban encima ó sobre el firmamento.
8.° Y llamó Dios al firmamento Cielo (la voz «schamain,» cielo, se usa tambien en hebreo para expresar la atmósfera).
Y de la tarde y la mañana fué el segundo dia ó «Iom.»

3.° (6 á 8). La ciencia establece que el agua y los elementos que necesitaban aun mayor suma de calor que aquella para reducirse á gas, permanecieron suspensos en la atmósfera, hasta que enfriada la superficie de la tierra, pudieron llegar á ella. En este momento separáronse las aguas en dos partes: una que volvió á las altas regiones en forma de vapor, y otra líquida que permaneció en la haz de la tierra; y como la palabra *rakia*, firmamento, derivada del verbo *raka*, extender, significa tambien en hebreo extension, espacio, y mas particularmente atmósfera, cuando se refiere á la tierra, es claro que el firmamento en este sentido separó las aguas superiores de las inferiores.

Estos versículos expresan de una manera admirable el principio de ese círculo maravilloso, que describen las aguas elevándose de la Tierra á la atmósfera y cayendo de esta á aquella, pues la existencia de las aguas superiores fué resultado de la evaporacion instantánea de gran parte de las que llegaron á la superficie terrestre en los primitivos tiempos.

9.° Dios dijo tambien: que las aguas de debajo del Cielo se reunan ó junten en un punto, y que se presente el elemento árido.
10. Dios llamó tierra al elemento árido, y mares á las aguas reunidas. Y vió Dios que era bueno.

11. Y dijo Dios: que la tierra produzca toda clase de vegetacion (la palabra *descheb*, que usa Moisés, significa gérmen de plantas), yerbas *(hescheb)* y árboles *(hets)*: que lleven frutos cada uno segun su especie, y que contengan semillas para reproducirse en la tierra. Y fué hecho así. Y Dios vió que era bueno, y de la tarde y la mañana fué el tercer dia ó *Iom*.

4.° (9 á 11). La Geología moderna admite que las aguas en un principio ocuparon casi por completo la superficie de la tierra, y que mas tarde los fenómenos plutónicos y eruptivos, determinando la formacion de las diversas cordilleras de montañas, separaron los mares, señalando desde dicho momento la distincion entre estos y los continentes ó islas que representaron el elemento árido. En esta parte hay, pues, exacta concordancia entre el Génesis y la ciencia.

Tambien se sabe hoy por las indagaciones geológicas, que despues de establecerse las aguas en la tierra, y así que esta ofreció ciertas condiciones climatológicas, apareció en ella la vida, empezando por las plantas de organizacion mas sencilla, esto es, por los gérmenes ó primeros destellos de vida vegetal, á los que siguieron despues las yerbas, y por fin los árboles.

Por donde se ve que Moisés establece el gran principio de las creaciones sucesivas, al hablar en el versículo 11 de los tres grados de desarrollo vegetal expresados con las frases *descheb*, *hescheb y hets*.

14. Y dijo Dios: que sean preparados ó dispuestos cuerpos luminosos en el firmamento del cielo, para separar el dia de la noche, y que sirvan para marcar los tiempos, los dias y los años.

15. Para que luzcan en el firmamento del cielo y alumbren la tierra. Y fué hecho así.

16. Y Dios dispuso ó preparó dos cuerpos luminosos, el uno mayor, para presidir el dia, y el otro menor para presidir la noche. Tambien preparó las estrellas, y vió Dios que era bueno.

19. Y fué de la tarde y la mañana el cuarto dia ó *Iom*.

5.° (14 á 19). Algunos han querido ver en estos versículos una contradiccion del Génesis consigo mismo y con la ciencia diciendo: si en el principio creó Dios el cielo y la tierra, ¿cómo dice Moisés que en el cuarto dia se formaron el Sol, la Luna y las estrellas? Esto es efecto de una mala interpretacion, pues el texto hebreo, segun Marcel de Serres, no dice que Dios creára (*bara*), sino que preparó ó dispuso *(assa ó asah)* las dos luminarias y las estrellas; lo cual se explica diciendo que la luz que estos cuerpos ponian en actividad, no podia llegar á la superficie terrestre por la densísima pantalla que representaba la atmósfera, hasta que por el enfriamiento sucesivo y la accion de las plantas, se purificó. Nótese en confirmacion de esto mismo, que segun Moisés, lo que se propuso Dios en esto es que alumbraran la tierra y sirvieran para marcar los tiempos, los dias y los años.

Tambien puede explicarse esta aparente contradiccion suponiendo que el Sol y las estrellas, aunque formados ya desde el primer período de la creacion universal, no adquirieron hasta el cuarto la atmósfera luminosa que los circunda, y de consiguiente que no sirvieron hasta dicha época al objeto á que estaban destinados por el Altísimo; lo cual nada tendria de extraño, pues el aspecto y las condiciones de los cuerpos planetarios, como el de los demás séres, debe necesariamente variar con el trascurso del tiempo. ¿No vemos, con efecto, hoy á la luna con todo el aparato de volcanes apagados que debieron un dia estar en actividad, y cambiado su aspecto en el de un satélite, privado de vida propia, y hasta de atmósfera, segun el parecer de respetables astrónomos? Tambien apoya esta idea la historia de las vicisitudes y cambios que experimentan los cometas.

20. Dios dijo: que las aguas produzcan animales vivientes que naden en las aguas *(thanan*, grandes peces), y que los volátiles *(oph* ú *ophot)* vuelen sobre la tierra y debajo del firmamento del Cielo.

21. Dios crió los grandes peces y los reptiles que las aguas produjeron, cada uno segun su especie; los volátiles segun la suya.

22. Dios los bendijo diciendo: creced y multiplicaos y llenad las aguas del mar; y que los volátiles se multipliquen sobre la tierra. Y vió Dios que era bueno.

23. Y de la tarde y la mañana fué el quinto dia ó *Iom*.

24. Dios dijo: que la tierra produzca animales vivientes cada uno segun su especie, los reptiles, los animales domésticos y las bestias salvajes segun sus especies.

25. Y así se hizo. Y vió Dios que era bueno.

26. Dios dijo: hagamos al hombre á nuestra semejanza y hechura: que él domine los peces de los mares, las aves del cielo, las bestias, los reptiles y la tierra entera.

27. Y crió Dios al hombre á su imágen, y lo crió macho y hembra.

28. Y bendíjolos Dios y les dijo: creced y multiplicaos, y henchid la tierra, y sojuzgadla, y tened señorío sobre los peces del mar, y sobre las aves del cielo, y sobre todos los animales que se mueven sobre la tierra.

29. Y dijo Dios: ved que os he dado toda yerba que produce simiente sobre la tierra, y todos los árboles, que tienen en sí mismos la simiente de su especie, para que os sirvan de alimento.

30. Y á todos los animales de la tierra, y á todas las aves del cielo, y á todos los que se mueven sobre la tierra para que tengan que comer. Y fué hecho así.

31. Y vió Dios todas las cosas que habia hecho: y eran muy buenas, Y fué de la tarde y la mañana el sexto dia ó *Iom*.

6.° (20 á 31). Imposible parece dar en menos palabras y con mas exactitud una idea completa de la creacion de todos los animales y del hombre, y precisamente en el órden mismo que la ciencia admite hoy despues de muchas dudas y controversias. Con efecto, la Paleontología nos demuestra que la vida animal empezó en el globo por séres esencialmente marinos; y aunque Moisés no expresa en el versículo 20 los zoófitos, los moluscos y los crustáceos, que fueron con los peces los primeros séres que vivieron, deben comprenderse indudablemente bajo la denominacion de animales que nadan en las aguas. Tambien está demostrado que los reptiles aparecieron despues, y que muchos de ellos, como los terodáctilos, estaban organizados para volar; luego se presentaron las aves, y finalmente los mamíferos y el hombre, últimos séres de la creacion, como tan admirablemente dice Moisés.

Tambien se halla esto en un todo conforme con las ideas admitidas hoy, pues si las aguas en un principio ocuparon casi toda la superficie de la tierra, naturalmente los séres primeros debieron ser marinos, no pudiendo aparecer los terrestres sino en épocas muy posteriores, es decir, cuando los continentes adquirieron la extension y las condiciones apropiadas á su existencia. Por último, el hombre, con el que coronó Dios la obra admirable de la creacion, es igualmente en el órden de su aparicion, el último de la serie, puesto que sus restos y los de su industria solo se encuentran en los terrenos de fecha mas reciente.

Algunos dicen que en esta parte no hay verdadera armonía entre el *Génesis* y la ciencia, pretextando que esta reconoce hoy creaciones sucesivas, mientras que Moisés solo habla de una sola creacion. A este argumento se puede contestar diciendo que Moisés ni se propuso escribir un tratado de Geología, como ya dijimos, ni tampoco se dirigia á un pueblo de sabios para hablarles de estas concepciones filosóficas, que indudablemente los hebreos no hubieran comprendido. Además el legislador hebreo, al tratar en el versículo 11 del orígen de las plantas, dejó consignadas por lo menos tres creaciones sucesivas, pues dice que aparecieron primero los gérmenes, que corresponden á las plantas celulares de los primeros períodos geológicos; despues las yerbas, que tambien la ciencia reconoce haber sido creadas

antes que los árboles, y por último estos, que tanto el *Génesis* como la ciencia admiten como representantes de la tercera y última creacion vegetal.

Otro tanto puede decirse respecto de los animales, pues segun el versículo 20, primero aparecieron los marinos, luego los volátiles, los reptiles, despues los terrestres, los domésticos y el hombre.

CAPITULO II

1.° Fueron, pues, acabados los cielos y la tierra y todo el ornamento de ellos.

2.° Y acabó Dios el dia séptimo su obra que habia hecho, y reposó el dia séptimo de la obra que habia hecho.

3.° Y bendijo el dia séptimo, y santificólo, porque en él reposó de toda su obra, que crió Dios para hacer, esto es, para ordenar.

4.° Estos son los orígenes del cielo y de la tierra, cuando fueron criados en el dia en que hizo el Señor Dios el cielo y la tierra.

7.° Dos grandes hechos notamos en los versículos del capítulo segundo, que prueban la sublimidad de los libros sagrados, y son: el primero que, segun Moisés, terminada en el séptimo dia la obra de la creacion, Dios descansó, y como no es posible admitir que un Sér infinitamente grande y omnipotente llegara á cansarse, se deduce sin gran esfuerzo que con esta frase Moisés quiso dar á entender, que terminada por aquel dia la creacion, la tierra entraba en un período de calma, que representa la época actual. Esto coincide con la distincion admitida en la ciencia, de tiempos geológicos y período histórico. La confirmacion de esto la encontramos en el segundo hecho á que nos hemos referido, y es la falta de aquella frase sacramental, *y del fin hasta el principio* con que Moisés daba á conocer los diferentes períodos de la creacion; lo cual no nos debe sorprender, admitiendo la interpretacion propuesta por hombres muy respetables, pues mal podia decir el legislador hebreo «y de la tarde y la mañana fué el dia séptimo,» cuando no habia llegado todavía la tarde de dicho período.

Durante este período histórico sobrevino un acontecimiento extraordinario, que Moisés refiere en el capítulo séptimo del *Génesis*, y que ha sido confirmado por el unánime asentimiento de todos los pueblos, y tambien de una manera clara y evidente por la ciencia. Este suceso es el Diluvio, con el que Dios quiso castigar los extravíos del Hombre, segun Moisés; y á beneficio del cual, segun la ciencia, la tierra adquirió condiciones mejores para el desarrollo de la vida. En esto, que algunos considerarán como contradiccion no la hay en realidad; pues del mismo modo que el Señor se valió del fuego de un volcan para castigar la depravacion de Sodoma y Gomorra, sin oponerse á que los materiales volcánicos descompuestos formáran con el tiempo una excelente tierra vegetal, así tambien con la terrible inundacion del Diluvio castigó por el momento á los culpables, haciéndolos perecer en las aguas, al propio tiempo que preparaba mejor la tierra (carácter de toda inundacion) para los descendientes de aquellos.

Hé aquí en qué términos refiere Moisés este acontecimiento.

CAPITULO VII

11. A los 600 años de la vida de Noé, en el mes segundo, á 17 dias del mismo mes, se rompieron todas las fuentes ó depósitos del grande abismo de los mares, y se abrieron las cataratas del cielo.

17. Entonces vino el diluvio por espacio de 40 dias sobre la tierra; y crecieron las aguas é hicieron subir el arca muy en alto sobre la tierra.

20. Quince codos se alzó el agua sobre los montes que tenia cubiertos.

21. Y pereció toda carne que se movia sobre la tierra, de aves, de animales, de fieras, y de todos los reptiles que serpean sobre la tierra; los hombres todos.

23. Solo quedó Noé y los que estaban con él en el arca.

24. Y las aguas dominaron sobre la tierra por espacio de 150 dias.

La ciencia aparece tan en armonía con el *Génesis* en esta parte como en todo lo relativo á la creacion; siendo la mejor prueba la admision de un período en la historia del globo dentro de la época histórica, segun los últimos descubrimientos, como puede verse en el llamado terreno cuaternario ó diluvial, cuya separacion del histórico puede decirse que mas bien es convencional y para facilitar el estudio, que fundada en datos científicos.

En lo que no cabe duda alguna es en que tanto aquel como esta reconocen la existencia del Diluvio, estando igualmente acordes en el carácter de semejante inundacion, y hasta en las causas que lo determinaron, pues si Moisés dice que se rompieron todas las fuentes y depósitos del grande abismo de los mares, y que se abrieron las cataratas del cielo (lenguaje enteramente simbólico y metafórico propio del idioma hebreo y de los pueblos orientales), la ciencia admite que, con bastante probabilidad, la causa del Diluvio fué la aparicion en el centro de los mares, de un sistema de montañas, el de los Andes ó del Himalaya, y tal vez el de ambos á la vez, lo cual necesariamente habia de determinar, no solo la salida de los depósitos y grandes fuentes del abismo de los mares, sino tambien lluvias espantosas, á las que se refiere Moisés al decir que se abrieron las cataratas del cielo. Para persuadirnos de la verdad y armonía de esta causa, comparada con la relacion del *Génesis*, basta fijarnos por un momento en el lenguaje vulgar, que cuando llueve mucho, dice que parece haberse abierto las cataratas del cielo, y en los efectos que determina la aparicion de una simple isla volcánica, como la Julia ó la Sabrina, sobre las aguas del mar, las cuales elevándose en vapores abundantes, ocasionan despues lluvias espantosas.

En la breve reseña que precede se ha podido notar, que todas las observaciones, los hechos todos que las ciencias han conquistado á través de los siglos y luchando con dificultades sin número, son la mas plena confirmacion de lo establecido por Moisés en aquel libro sublime, de cuya autenticidad y antiquísima fecha nadie duda. Y no podia menos de suceder así, pues si la revelacion es la verdad emanada de Dios, las ciencias, como dice Marcel de Serres, no podian estar en oposicion, siendo tambien su objeto final la indagacion de la verdad.

Despues de lo expuesto, ¿causará admiracion que adoptando la doctrina de autoridades tan respetables en el terreno científico como en el religioso, fundemos nuestra creencia de la revelacion en lo admirable y sublime de estas armonías? ¿Y habrá todavía quien califique de ateas ó irreligiosas á la Geología y demás ciencias físico-naturales, cuando todos sus esfuerzos se encaminan á confirmar y robustecer con la verdad de los hechos, lo que la Religion nos manda creer por la fe? Manifiesta sinrazon seria.

Y visto cuán hermanadas están la teoría científica y la teoría revelada, no queda otro medio al hombre estudioso y pensador, mas que el de confesar y bendecir los admirables testimonios de la Omnipotencia divina, escritos tan brillantemente en los senos de la tierra, como en los pétalos de las flores, en la historia de la naturaleza, como en la mosáica historia.

GEOLOGIA APLICADA

Ó GEOTECNIA

Para corresponder al objeto que nos propusimos en la redaccion de esta obra, reducido como se ha visto á tratar extensamente todas las cuestiones relativas á la historia de nuestro planeta con los materiales orgánicos é inorgánicos que le componen, y las importantísimas aplicaciones que de semejante estudio pueden hacerse, hemos procurado hacer indicaciones generales acerca de la utilidad que de los minerales, rocas, fósiles y terrenos puede reportar el hombre. Pero no bastando esto, se hace de todo punto indispensable que dediquemos unas cuantas páginas á tratar de un modo especial, de aquellos puntos que mas directamente se relacionan con la estructura y modo de ser de nuestro planeta; concretándonos por ahora á las aplicaciones de la Geología á la Agricultura é Industria, por ser estos los ramos mas vitales y en los que estriba el porvenir de nuestra patria. Asi, pues, dividiremos la Geotecnia ó Geología aplicada, en dos capítulos; destinando el primero á la Geoponía ó Geología agrícola, y el segundo á la industrial; no sin advertir de paso que con frecuencia habrán de involucrarse estos dos ramos, en razon á los estrechos lazos que los unen con la Geología, la Física y la Química, de que con frecuencia nos valdremos.

CAPITULO I

GEOLOGÍA AGRÍCOLA Ó GEOPONÍA

Siendo la Agricultura en su acepcion mas lata una industria en la que el hombre se propone la explotacion del suelo, y la produccion de sustancias útiles, es claro que ha de necesitar el apoyo de aquellas ciencias que le den á conocer los vegetales como materia primera, y la tierra como representante del aparato creador por decirlo así, de los productos que con sus fuerzas combinadas con las de los animales y de otros agentes, le ponen en estado de satisfacer sus propias necesidades. La parte de esta ciencia-arte relativa al conocimiento de la tierra vegetal ha merecido el nombre de Geología agrícola ó Geoponía, derivada de *ge*, tierra, y *ponos*, trabajo ó labor.

Tres son las cuestiones que esta parte de la Geología se propone resolver, y son: 1.ª Indagar el orígen, la composicion química y las propiedades físicas y mineralógicas de las tierras vegetales: 2.ª conocer los medios y sustancias de que el hombre se sirve para mejorar las condiciones físicas del suelo, y proporcionarle los materiales que han de servir para la nutricion de las plantas; y 3.ª indicar al agricultor los terrenos y las condiciones geológicas mas adecuadas á la existencia de dichos materiales. De aquí la division de este capítulo en tres artículos.

ARTICULO PRIMERO

ORÍGEN, NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LAS TIERRAS

Bajo el nombre de tierra vegetal se comprende una capa de mayor ó menor espesor, que ocupa gran parte de la superficie del globo, en la cual prenden las plantas por sus raíces, y se verifican gran parte de los fenómenos de la vegetacion. Es una mezcla de sustancias minerales y orgánicas, resultado de la descomposicion de las rocas, de las partes de vegetales que subsisten en ella, y de los animales que perecen allí ó que han sido trasportados por el hombre y tambien de sus restos.

Considerada de un modo mas lato, la tierra vegetal se compone del suelo ó tierra propiamente dicha, del subsuelo y de las rocas subyacentes.

Por suelo se entiende, como acabamos de indicar, la mezcla de restos minerales y orgánicos que con el agua, aire y gases diversos, concurre á sostener y alimentar las plantas. Segun su espesor, esta capa se llama superficial, cuando no pasa de 12 ó 14 centímetros; media cuando alcanza de 18 á 20; y profunda cuando excede de los 25.

Todo lo que se halla debajo del suelo deberia llamarse en rigor subsuelo; pero siguiendo en esta materia las doctrinas de Thurmann, daremos este nombre á los detritus que se encuentran entre el suelo y las rocas que le sirven de fundamento, á que dicho autor llama *rocas subyacentes*. El subsuelo se compone casi exclusivamente de los materiales de la descomposicion local de estas, siendo el principal carácter que lo distingue del suelo propiamente dicho, el que con frecuencia es de acarreo.

El Sr. Gasparin hace la distincion que marca la figura siguiente:

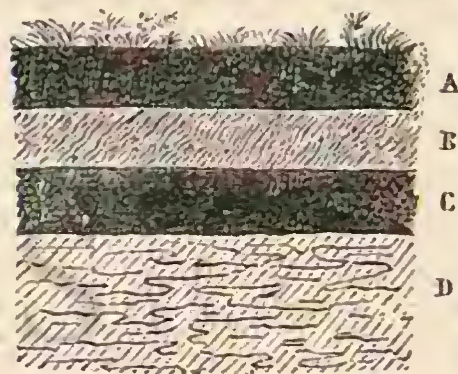


Fig. 159.—Composicion de la tierra vegetal, segun Gasparin

A, representa el suelo activo como él lo llama, en el cual se verifican los fenómenos de la vegetacion relativos á las raíces, y se practican las labores; B, es el suelo inerte á donde no llega generalmente el arado (es el subsuelo de

Thurmann); C, subsuelo ó capas de composicion distinta de la de la tierra vegetal, que se extiende desde el suelo inerte, hasta la capa D, generalmente compuesta de arcilla, y de consiguiente impermeable, situada á diferente profundidad; sirve para retener y conservar las aguas de filtracion.

La importancia de los conocimientos geológicos en sus aplicaciones á la Agricultura estriba principalmente en el conocimiento del subsuelo y de las rocas subyacentes, cuya naturaleza suele variar con mas frecuencia que la del suelo mismo, y de cuyas propiedades depende muchas veces el carácter de la vegetacion. Para convencerse de la importancia de estas dos partes integrantes de la tierra vegetal, basta saber: 1.° Que cuando una tierra descansa sobre rocas duras poco susceptibles de disgregarse, es en general poco fértil. 2.° Que en los suelos medios ó poco profundos, las rocas subyacentes determinan con frecuencia el carácter de la vegetacion, por la accion que ejercen sobre las raíces. Y 3.° que la permeabilidad ó impermeabilidad del subsuelo y de la roca subyacente, determina en gran parte la humedad del suelo.

De lo dicho se infiere, que el orígen de la tierra vegetal hay que buscarlo en la descomposicion de las rocas, determinada por los agentes que indicamos en el artículo de *Causas actuales*, y en la destruccion de restos de vegetales y animales que se encuentran en ella, ó que prepara el hombre para abonarlas.

La descomposicion de las rocas da por resultado ciertos detritus que unas veces persisten en el mismo punto, mientras que otras son arrastrados á mayores ó menores distancias; de aquí la distincion de las tierras en *locales* y de *trasporte*.

Las tierras locales, de las que el subsuelo de Thurmann puede considerarse como la expresion mas fiel, se distinguen fácilmente por la analogía ó identidad de composicion con las rocas inmediatas; por la tenuidad ó finura de sus elementos, y en general por el poco espesor que alcanzan, llegando á veces al extremo de no bastar á las necesidades del cultivo.

Las de trasporte, por el contrario, están caracterizadas por la escasa analogía que guardan con las rocas inmediatas; por el mayor tamaño de sus materiales; por su distribucion en fajas ó zonas de materiales mas ó menos bastos, y por último, por su mayor espesor, llegando á formar á veces verdaderas capas, como se observa en los terrenos de aluvion.

Los materiales acarreados por las aguas corrientes se depositan en el álveo de los rios, arroyos y cañadas, en el thalweg de las llanuras ó valles y en las partes bajas de muchas comarcas formando terreras. Otras veces se pierden en los lagos ó mares, contribuyendo á rellenar su fondo y á convertir el espacio que ocupan, particularmente el de los primeros, con el trascurso del tiempo, en fértiles y risueñas llanuras. Agitados por la fuerza de trasporte de las aguas, y por la repulsiva de las del mar, se depositan en la desembocadura de los grandes rios, formando los deltas ó alfaques, y terraplenando las lagunas ó marismas inmediatas, las convierten en tierras tan fértiles como las de los *pólders* en Holanda.

Otras veces el trasporte lo verifican las corrientes atmosféricas, que como en general solo pueden arrastrar las partes mas tenues de la superficie, determinan la formacion de los desiertos, landas y médanos, que aunque reputados por estériles, son tierras susceptibles de una rica vegetacion, desde el momento en que se les suministra el agua que necesitan.

De manera que con facilidad, y en virtud de lo expuesto, pueden señalarse los puntos en que el hombre debe encontrar tierras de trasporte, las cuales son tanto mejores, cuanto mas variados los materiales que las constituyen. El conocimiento de su composicion puede suministrárselo perfectamente la Química y tambien la Geología; con la diferencia de que aquella exige ciertas manipulaciones, que no siempre el agricultor está en disposicion de practicar; mientras que esta solo requiere conocimientos generales acerca de las piedras, y una correría por aquellas montañas de las que segun la direccion de los valles, debe suponer proceden los materiales de sus tierras.

Lo dicho hasta aquí se refiere á la parte mineral del suelo; en cuanto á los elementos orgánicos conocidos con el nombre de *humus*, y mas particularmente en España con el nombre de *mantillo*, unas veces son resultado de la descomposicion local de plantas y animales ó de sus restos; otras han sido trasportados por las corrientes normales ó por las inundaciones; de modo que tambien hay mantillo local y de trasporte, al que muchas veces hay que agregar el que lleva el hombre para suministrar á las plantas, bajo la forma de abonos orgánicos, los elementos que necesitan para su desarrollo. Respecto de sus propiedades y del carácter que comunica á las tierras, se tratará mas adelante.

Conocido ya el orígen de las tierras vegetales, veamos si podemos dar una idea de su naturaleza ó composicion.

Tres son los elementos, que por encontrarse casi en todas, pueden llamarse esenciales á la composicion de las tierras, y son la arena ó sílice, la arcilla y el carbonato de cal. De sus diversas proporciones resultan los diferentes grados de fertilidad; notándose, sin embargo, que es indispensable guarden cierto equilibrio, pues de lo contrario, cuando alguna de estas sustancias se encuentra en exceso, generalmente la tierra es estéril.

Además de estos materiales, se encuentran otros que completan la composicion de las tierras; en este número deben contarse el agua, el aire y los gases, cuya naturaleza ó composicion, y el modo de obrar sobre las plantas, debe estudiarse en tratados de Química general y aplicada, mas bien que en esta obra.

Tambien deben considerarse como á tales, si bien su importancia es menor, la magnesia, con los óxidos y sales de hierro y manganeso que daremos á conocer.

La marga, los sulfatos, fosfatos y nitratos de cal, sosa, potasa, etc., que algunos autores colocan entre los elementos de la tierra vegetal, deben considerarse en rigor, como mejoramientos ó abonos minerales.

Antes, sin embargo, de proceder á la descripcion de todas estas sustancias, y con el fin de conocer mejor el modo de obrar de cada uno de los elementos de la tierra vegetal en la vida de las plantas, conviene ofrecer un resúmen de la fisiología de estos séres.

La semilla fecundada y madura debe considerarse como una planta en miniatura, en la que se hallan representados todos sus órganos y aparatos, que con el tiempo han de constituir un sér perfecto y desarrollado. Para comprender, pues, la vida de estos séres, es menester empezar por el estudio de todo lo que se observa en el embrion contenido en la semilla, cuando esta se halla en determinadas circunstancias y bajo la influencia de ciertos agentes. A este, que puede considerarse como el primer paso en la vida de las plantas, se llama *germinacion*, con cuya palabra se quiere expresar la serie de actos en virtud de los cuales el embrion, animado de una fuerza vital que le es propia, crece, se desembaraza de las cubiertas seminales, y acaba por bastarse á sí mismo, sacando directamente su alimento del exterior. Para que esta funcion se verifique se necesita el concurso de varias circunstancias que dependen de la semilla misma, y de agentes exteriores mas ó menos poderosos. Estas circunstancias pueden redu-

cirse á las cinco siguientes: semilla fecundada y madura, presencia del agua, del aire y del calor, y ausencia de la luz.

Si la semilla no ha sido fecundada, ó aun habiéndolo sido, si no ha llegado al completo grado de madurez, no puede germinar. Pero se observa tambien, que no conviene sea muy vieja, pues la experiencia demuestra que en este caso pierde la facultad germinatriz.

En cuanto al modo de obrar de los agentes exteriores, se sabe que el agua humedece é hincha primero las túnicas seminales, ocasionando de este modo, y sin esfuerzo, su ruptura; despues penetra en el tejido del embrion y lo dispone á recibir las sustancias nutritivas: además acarrea los gases y sustancias alimenticias que lleva en disolucion, sin cuyo medio no podrian introducirse en la planta ni recorrer sus vasos; por último, contribuye con sus elementos oxígeno é hidrógeno, á formar los diversos principios inmediatos de los vegetales.

El segundo agente, ó sea el aire, obra en virtud del oxígeno que contiene, el cual sustrae una porcion de carbono al perispermo, cuando existe, ó á los cotiledones carnosos que le reemplazan cuando falta, y da orígen á un volúmen igual al suyo de ácido carbónico. Por esta sustraccion del carbono queda roto el equilibrio entre los elementos de la fécula del perispermo ó de los cotiledones; aparece luego la diatasa, que obra sobre la fécula y la trasforma, primero en dextrina y despues en glucosa, sustancias nutritivas y solubles en el agua fria, á propósito, por consiguiente, para la nutricion y desarrollo del embrion, y para suministrar el carbono que se consume en la formacion continua del ácido carbónico. Esta fermentacion sacarina continúa hasta que la plúmula sale á luz: entonces cesa de repente, y el gas ácido carbónico y el agua se descomponen; el oxígeno del gas se desprende, el carbono y los elementos del agua se reunen, y forman los principios inmediatos resinosos, oleosos, etc., que reemplazan al mucílago y á la materia sacarina.

El calor, cuya intervencion es tan indispensable como la del aire y del agua en la germinacion, obra en esta como estimulante ó como agente que excita las fuerzas vitales, y probablemente tambien, reduciendo el agua y las materias alimenticias á un estado mas conveniente para ser absorbidas. Cada planta necesita un grado de calor que le es peculiar y mas favorable que otro cualquiera para vegetar. La temperatura mas propicia suele ser la de 10 á 30 grados; por cima de este término se destruye la vida; por bajo de 0° no hay señal ninguna de ella.

La carencia de la luz es otra de las circunstancias que concurren de un modo muy eficaz á la germinacion de las plantas, porque si bien algunas pueden hacerlo bajo la influencia de este agente, lo comun es que les sea perjudicial, cuando obra directamente sobre las semillas. Por esta razon, cuando se quiere que esta funcion se verifique, como sucede en la sementera, se tiene buen cuidado en cubrirla con una capa mas ó menos espesa de tierra. La luz obra sobre las plantas determinando la descomposicion del ácido carbónico, y como quiera que en la germinacion este gas desempeña un oficio tan principal, es claro que lo que se trata al poner las semillas fuera de la accion de este agente, es evitar que se oponga á la formacion de la mencionada sustancia, segun opinan Decandolle y Mirbel.

Además de estos agentes, se cree que el cloro activa la germinacion en la mayoría de las plantas, como parece haberlo demostrado el gran Humboldt en las semillas del mastuerzo; y no deja de ejercer tambien su influencia la electricidad, segun demuestran los experimentos practicados por Nollet, Davy y Becquerel.

Los detalles que siguen respecto de la germinacion, los copiamos de la obra de Botánica de los Sres. Girardin y Juillet.

«Toda semilla puesta en las condiciones que acabamos de enumerar, germina, cualquiera que por otra parte sea la sustancia en que se halle colocada, con tal, sin embargo, que esta sustancia no tenga ninguna accion perjudicial á sus órganos. Se ve, en efecto, que el trigo germina en las gavillas, y otras semillas que se desarrollan en esponjas empapadas de agua. Las semillas se ponen casi siempre en tierra para que germinen, y aunque su presencia no sea indispensable á esta accion, sin embargo, siempre es cierto que la favorece singularmente, suministrándola agua, calor y aire, poniéndola á cubierto de la luz, y prestándola un apoyo benéfico. El suelo mas favorable para la vegetacion es aquel que ni es demasiado blando ni duro; las semillas no deben enterrarse muy profundas, porque estándolo, la plúmula no podrá llegar á la superficie; y entonces, no recibiendo bastante oxígeno para desprenderse de su superabundante carbono, ó las semillas no podrán germinar, ó se pudrirán sin germinar, por un exceso de humedad. De estos hechos puede deducirse fácilmente la utilidad de las labores y de todas las demás precauciones que se emplean por los labradores para conservar las simientes.

Cuando el embrion está puesto en las circunstancias que necesita para desarrollarse, empieza la germinacion, presentando una serie de fenómenos que vamos á examinar. Por de contado la semilla empapada de agua se ablanda, se hincha, y muy luego se rasgan sus túnicas para dar paso al rejo, que se presenta bajo la forma de una pequeña mamila cónica. La ruptura de las túnicas, que de ordinario se verifica de una manera irregular, se efectúa, sin embargo, con una casi uniformidad en varias especies, y principalmente en todos los individuos de una misma especie. Esto es lo que se presenta muy manifiesto en todas las semillas provistas de un embriotegio, especie de opérculo ó de gorro que se desprende del espermodermo, y deja una abertura muy regular (espárragos, dátil, tradescantia, commelina, etc.).

Desde que el embrion comienza á desarrollarse toma el nombre de plántula ó plantita, en la cual se distinguen dos partes principales, el caudex ascendente, formado por la yema, cuya tendencia es siempre á elevarse, y el caudex descendente, formado por el rejo, cuya tendencia es siempre á profundizarse perpendicularmente en el centro de la tierra. La primera parte del embrion que se desarrolla es ordinariamente el rejo: despues de haber obligado á las túnicas á romperse, se alarga y sepulta en la tierra; pero cuando existe un coleorhiza, este, comprimido por las mamilas radiculares, se extiende, y rompe por su extremidad, dejando pasar las mamilas, cuyo crecimiento es mas rápido. La plúmula no tarda en manifestarse, crece, sale fuera de tierra, cuando no se halla encerrada en un coleoptilo, ó retenida por la resistencia que este opone á su prolongacion, se aprieta y se rasga con mas ó menos regularidad para presentarse en lo exterior y salir á luz. Cuando los cotiledones nacen por cima del caudex ascendente, este, en su evolucion, los levanta y arrastra á la superficie del suelo (Don Diego de noche, calabaza, etc.); enverdecen entonces, se cubren de nervios, se ensanchan y toman la apariencia de hojas, que llevan el nombre de hojas seminales. En este caso se les llama epigeos. Cuando, por el contrario, están situados por debajo del caudex ascendente, quedan encerrados en las cubiertas, conservan su forma y color blanquecino, y no hacen mas que aumentar de volúmen, en cuyo caso llámanse hypogeos. Luego que se han cumplido todos estos fenómenos, que el rejo saca de la tierra los jugos necesarios para la nutricion de la nueva planta, que la plúmula, desarrollada en hojas,

concurre por su parte al mismo resultado, está acabada la germinacion, y se establece un nuevo órden de hechos (1).

Veamos ahora la funcion que desempeñan los diferentes órganos de la semilla en el acto importante que acaba de ejecutarse.

El perispermo sirve de primer alimento á la plantita; porque si á un embrion se le priva de este órgano no vegeta. Cualquiera que sea su dureza, el perispermo no tarda en reducirse á un licor emulsivo, y en experimentar en su composicion las variaciones y trasformaciones químicas de que hemos hablado. Pero no todos los vegetales tienen perispermo, y no obstante, no por eso deja de efectuarse la germinacion. En este caso los cotiledones llenan las mismas funciones; con efecto, obsérvase que entonces son gruesos, carnosos, y están llenos de una sustancia amilácea análoga á la que existe en el perispermo. Si se les corta antes ó en el momento de la germinacion, el embrion no crece, ó cesa de vegetar, y muere; si no se quita ó corta mas que uno, continúa su desarrollo, pero de una manera débil y lánguida; si se divide el embrion de una judía en dos partes iguales, de manera que cada una de ellas quede provista de un cotiledon entero, las dos se desarrollarán tan bien como lo hubiera podido hacer el embrion en toda su integridad. En fin, segun MM. Vastel, Thouin, Desfontaines, etc., basta humedecer los cotiledones para que el embrion se desarrolle. Estas experiencias demuestran, pues, evidentemente la gran utilidad de estos lóbulos en el acto de la germinacion, y lo que lo prueba todavía mas, es que se caen por sí mismos y perecen cuando la plantita, habiendo acabado su evolucion, puede bastarse á si misma. En razon al papel que desempeñan en esta época los cotiledones, Bonnet los ha llamado pechos ó mamas vegetales.

Se puede cortar impunemente el rejo y la plúmula al embrion en germinacion, sin que por esto deje de vegetar, con tal, sin embargo, que en el punto por donde salia el rejo se forme un pequeño rodete destinado á producir raicillas.

Las cubiertas seminales son muy útiles á las semillas; cuando carecen de ellas germinan muy difícilmente. Parece que obran de una manera enteramente mecánica, no dejando llegar á la plantita mas que alimentos muy divididos y capaces de ser absorbidos por ella y probablemente poniéndola tambien al abrigo de los rayos luminosos.

Hemos dicho, describiendo los fenómenos aparentes de la germinacion, que el rejo se dirige hácia el centro de la tierra, y que la plúmula se levanta ó crece en sentido inverso. Esta tendencia á brotar en direcciones opuestas es tal, que el embrion supera todos los obstáculos para seguir esta ley, que no admite excepciones mas que para algunas parásitas, tales como el muérdago, que germinan en todas direcciones. Muchas experiencias hechas por físicos muy hábiles, tales como Hunter, Duhamel, Knight, Dutrochet, con la intencion de obligar al rejo y á la plúmula á que cambien de direccion, han sido infructuosas, y han conducido á esta conclusion: que estos órganos en su desarrollo obedecen á una causa general dependiente de la organizacion y de la vida, á la cual se juntan otras leyes no menos poderosas, cuales son las de la gravitacion.

Hasta aquí hemos supuesto que la germinacion se efectuaba de la misma manera en todos los vegetales. Las circunstancias necesarias para que se verifique son siempre las mismas, pero los fenómenos que resultan de ella y que dependen de la estructura anatómica de las partes internas de la semilla, varian en cada clase de vegetales. Sin embargo, no hablamos aquí mas que de los monocotiledones y de los dicotiledones; porque, en cuanto á los acotiledones, siendo tan poco conocido lo que atañe á su organizacion, estamos muy atrasados acerca de las funciones que ejercen sus órganos, y la manera con que concurren sus órganos reproductores á la formacion de nuevos individuos. Vamos á bosquejar con rapidez las notables diferencias que presentan los monocotiledones y los dicotiledones en su modo de germinacion. Comenzaremos por estos últimos, porque los fenómenos son, en general, mas aparentes.

Germinacion de los dicotiledones.—Sembrada la semilla, los cotiledones se hinchan, y rompen sus túnicas, trasmitiendo al rejo el licor emulsivo que contienen ó que sacan del perispermo. Entonces el rejo que formaba una pequeña mamila cónica, se alarga y dirige hácia el centro de la tierra, en donde da nacimiento á pequeñas raicillas muy finas. Poco despues la yema, que estaba contenida por su vértice entre los cotiledones, se dobla primeramente en arco, y despues enderezándose, se presenta á lo exterior. El tallito se prolonga, levanta los cotiledones y los hace salir fuera de la tierra; estos se desvian, y dejan la yema enteramente al descubierto; las hojas primordiales se ensanchan, crecen, y se enverdecen; los cotiledones se desarrollan igualmente en hojas, y toman color. Ya entonces la germinacion se ha completado; la planta saca del suelo y del aire los materiales necesarios para su desarrollo ulterior, y el individuo á nacido.

Casi siempre en los dicotiledones, los cotiledones son epigeos. El nogal, la capuchina, el castaño de Indias, etc., tienen los suyos hypogeos. En algunos vegetales, como el mangle y el limonero, etc., el embrion germina en lo interior de los frutos pendientes todavía de las ramas.

Germinacion de los monocotiledones.—En estos vegetales, así como en los dicotiledones, aparece primero el rejo. Este revienta al coleorhiza que le envuelve, se presenta bajo forma de mamila que se prolonga hácia el centro de la tierra, donde no tarda en producir una multitud de raicillas. Cuando estas se han desarrollado algo, el rejo principal se destruye. El coleoptilo, ó vaina que rodea la yema, se dirige hácia arriba, se abre pronto por su vértice, y deja que aparezca esta última. El cotiledon queda oculto en las cubiertas seminales, sin advertir en él ningun crecimiento sensible. Cuando la plantita ha consumido toda la sustancia del perispermo, y el cotiledon se ha marchitado, comienza la segunda época de la vida del vegetal. Por lo comun, en los monocotiledones, los lóbulos seminales son hypogeos. Un gran número de estos vegetales presentan particularidades muy notables en su germinacion; para hacerlas conocer seria necesario extendernos mas allá de los límites de esta obra.

Terminada ya la germinacion, la nueva planta vive ya por sí sola á beneficio de muchas funciones importantes, por medio de las cuales se apropia todas las sustancias que le proporcionan el suelo, el agua, el aire y los demás agentes.

Bajo la influencia de la luz solar las partes verdes, y en especial las hojas, verifican la respiracion reducida á tomar ácido carbónico de la atmósfera, apropiándose el carbono y exhalando el oxígeno, restableciendo así el equilibrio el que exige la respiracion de los animales y la combustion (2).

(1) Todas las semillas no entran en germinacion en el mismo espacio de tiempo; así, segun Adanson, el trigo, el mijo, nacen en veinticuatro horas; la cebada en siete: el perejil exige de cuarenta á cincuenta; el albérchigo, la peonia, cerca de un año; el rosal cerca de dos años. En general, la germinacion es tanto mas pronta, cuanto mas inmediatamente despues de su madurez se verifica la siembra.

(2) Recientísimas observaciones y delicados experimentos, tienden á probar que la respiracion de las plantas se verifica como en los animales.

Tambien se apropian estas partes del vegetal algo de ázoe que ha de servir para la formacion de los principios nitrogenados que contiene, y cierta cantidad de agua suspensa en la atmósfera en forma de vapor, si bien la mayor parte de este agente lo toman las raíces del suelo en la funcion llamada absorcion, apropiándose al mismo tiempo parte del ácido carbónico, y las sustancias minerales orgánicas que encuentran en disolucion, y que han de formar primero la savia (la sangre de los vegetales) que circula tambien, constituyendo otra funcion muy importante de las plantas, la circulacion, y despues los principios ó elementos de todos sus tejidos. Gran parte del agua vuelve á la atmósfera escapándose por exhalacion, permaneciendo en la planta los principios fijos.

En el trayecto que recorre la *savia* suministra los materiales de las diversas secreciones de las plantas, con lo cual y la nutricion ó asimilacion de los elementos indispensables á su existencia y desarrollo, se completa lo que se llama vida del individuo. Pero para cumplir debidamente su destino, el vegetal ha de dar existencia á otros de su misma especie, con el fin de perpetuarla; funcion que, por regla general, desempeña la parte de su organismo llamada flor, compuesta de dos órganos esenciales, á saber: el estambre que es el macho y el pistilo la hembra; y del cáliz y corola, que aunque contribuyen muy eficazmente á las funciones que le están encomendadas, no son de absoluta necesidad.

La fecundacion, exclusiva de la flor, se reduce á la caida del pólen que segrega el órgano macho ó sea el estambre, sobre el pistilo, y á la accion que aquel ejerce sobre los gérmenes de las nuevas semillas que se hallan contenidas en el ovario. Que esta última operacion esté confiada al pólen, penetrando por el conducto central del estilo, y obrando directamente sobre los huevecillos vegetales, que no es lo mas probable; ó que esta funcion la desempeñe el aura seminal ó fovila, ó los tubos mismos llamados polínicos, el resultado es que trascurrido algun tiempo despues de la caida del pólen sobre el pistilo, el ovario va engrosando y se concentra en él y en las semillas ya fecundadas, toda la vida de la planta.

Hemos dicho que esta, despues de desarrollado el gérmen y cuando ya empieza á tener vida propia, toma del suelo las sustancias que necesita para su existencia, pero no todas las plantas se apropian los mismos elementos, sino que se verifica una especie de eleccion de aquellos que mas convienen á cada una. De manera que aunque el suelo esté bien preparado, y por mas que las condiciones climatológicas sean adecuadas á la vida, las plantas no podrán existir á no encontrar en el suelo aquellos principios que mas les convienen. De aquí la necesidad de conocer la composicion de las plantas, para suministrar á cada una el elemento que exige su existencia y desarrollo. Esto puede lograrse por la desecacion ó incineracion hasta hacer desaparecer completamente el carbono, subsistiendo tan solo las cenizas, que se sujetan despues á la análisis mas rigurosa. Todas las plantas no suministran la misma cantidad de cenizas, segun demuestra el siguiente cuadro, en el que se han tomado 1,000 kilógramos de cada sustancia en estado ordinario de sequedad.

	Cenizas
Trigo.	20 kilógramos
Cebada.	30 »
Avena..	40 »
Centeno.	20 »
Maiz.	15 »
Habas..	30 »
Guisantes..	30 kilógramos
Paja de trigo. . . .	50 »
— de cebada. . . .	50 »
— de avena. . . .	60 »
— de centeno. . .	40 »
— de maíz.. . . .	50 »
— de guisantes. . .	50 »
Heno de prado.. . .	50 á 100 »
— de trébol. . . .	90 »
— de raisgras. . .	95 »
Patatas.	8 á 15 »
Zanahorias.	15 á 20 »

De manera que la cantidad de materias inorgánicas que exigen los diferentes vegetales, varía segun la naturaleza; de consiguiente, si una tierra no puede suministrar mas que una escasa parte de este alimento mineral, solo producirá ó será favorable á aquellas plantas que exigen la menor proporcion posible de dichas materias.

La experiencia ha demostrado, tambien, que las diferentes partes de una misma planta suministran cantidades diferentes de cenizas, y que esta se halla igualmente en relacion con la naturaleza del suelo en el que ha vivido el vegetal. Así es que, segun James y Johnston, 1,000 kilógramos de paja de avena cosechada en 1841, dieron en un terreno formado

	Cenizas
De granito de Aberdeen.	96 kilógramos
De arcilla.	78 »
De arenisca verde.	79 »
De caliza.	102 »
De yeso.	58 »
De arena silícea.	64 »

La composicion de las cenizas no es menos importante que la cantidad. Aquella varía:

1.° Segun las diferentes especies vegetales, como demuestra el adjunto cuadro, que representa la composicion de 1,000 kilógramos de cenizas de cada planta respectiva.

	Trigo	Cebada	Avena	Centeno	Maíz	Judías	Simiente de lino	Patatas
Potasa. .	237	136	262	220	} 325	336	245	557
Sosa. . .	91	81	»	116		106	34	18
Cal.. . .	28	26	60	49	14	58	147	20
Magnesia.	120	75	100	103	162	80	99	52
Oxido férrico.. .	7	15	4	13	3	6	19	5
Acido fosfórico.. .	500	390	438	495	449	380	381	125
Idem sulfúrico.. .	3	1	105	9	28	10	8	136
Sílice.. .	12	273	27	4	14	12	57	42
Cloro. .	»	»	3	»	2	7	3	42
	998	997	999	1,009	997	995	994	1,007

2.° En las diversas partes de un vegetal, segun demuestra el cuadro anterior comparado con el siguiente, que se

refiere á las cenizas de la paja de las mismas plantas, sobre 1,000 kilógramos igualmente.

	Trigo	Cebada	Avena	Centeno	Maíz
Potasa	125	92	191	173	96
Sosa	2	3	97	3	286
Cal	67	85	81	90	83
Magnesia	39	50	38	24	66
Oxido férrico	13	10	18	14	8
Acido fosfórico	31	31	26	38	171
— sulfúrico	58	10	33	8	7
Cloro	11	6	32	5	15
Sílice	654	676	484	484	270
	1,000	963	1,000	1,000	1,012

3.° y último. La naturaleza de las cenizas varía segun el terreno en que se ha desarrollado la planta, como demuestra el cuadro siguiente, en el que se presenta la composicion de las cenizas de tres ejemplares de trigo, con la diferencia de proceder de distintos puntos.

	TRIGO holandés	TRIGO blanco de Alemania	TRIGO rojo de Alemania
Potasa	64	219	338
Sosa	278	157	»
Cal	39	19	31
Magnesia	130	96	136
Oxido férrico	5	14	3
Acido sulfúrico	3	2	»
— fosfórico	461	493	492
Sílice	3	»	»
	983	1,000	1,000

De los cuadros anteriores se desprende que en la composicion de las plantas entran los mismos elementos inorgánicos que en el suelo vegetal; y como quiera que aquellas carecen de la facultad de crear materia inorgánica, se deduce que la que contienen en sus tejidos se la suministra en gran parte la tierra.

Veamos ahora de dónde procede cada uno de los elementos constitutivos del suelo, y qué papel desempeña en la vegetacion.

La *sílice*, compuesta de siliceo y oxígeno, conocida tambien con el nombre de ácido silícico, procede, en general, de la descomposicion de las rocas cuarzosas, pertenecientes la mayor parte á los terrenos cristalinos. Es uno de los elementos mas comunes y esparcidos en la naturaleza: se encuentra en casi todas las tierras vegetales en forma de polvo impalpable, de arenas mas ó menos finas, de grava, chinas, cantos, guijarros, etc. Las aguas de los manantiales y las de muchos rios, suelen llevarla con frecuencia en disolucion ó suspension; tambien la arrastran las corrientes gaseosas en los azufrales ó solfataras, y principalmente las aguas de los géiseres. En estado naciente, ó en el momento que deja de formar parte de una combinacion cualquiera, es soluble en los ácidos, en los álcalis, y hasta en el agua, siendo el estado en que la absorben las plantas por sus raíces. Liebig dice que en las tierras que carecen de este principio en disolucion no se dan bien los trigos, por lo comun.

La accion que la sílice ejerce en las tierras vegetales es doble: mecánicamente determina la soltura y movilidad de los elementos calizo y arcilloso, interponiéndose entre sus moléculas y facilitando la penetracion del aire y del agua, agentes esenciales á la vegetacion; y químicamente suministra á las plantas, que la absorben por las raíces, los principios que dan consistencia á sus tejidos, formando parte muy esencial de los nudos de las gramíneas, en proporcion desde 40 hasta 70 en el trigo, centeno y cebada, determinando el lustre y solidez del tallo de estas plantas, y aumentando en suma la parte leñosa de todos los órganos y tejidos vegetales.

La sílice en estado de arena muy fina, siempre suelta y ligera, si se halla bien seca, absorbe, como todo cuerpo poroso, el agua en forma de vapor, pero sin formar masa.

Cuando las tierras contienen 70 por 100 de sílice ó de arenas, que es lo mismo, reciben el nombre de silíceas ó arenosas.

Las *arcillas*, como indicamos en su descripcion, no son rocas formadas de primera intencion por la naturaleza, sino resultado de la descomposicion de los elementos feldespáticos de los terrenos plutónicos en general, y muy particularmente de los granitos, pegmatitas, sienitas y de todas las rocas volcánicas. Entre sus numerosas propiedades; las mas importantes para el caso presente son: 1.ª La de formar pasta en general y apelmazarse con el agua, adquiriendo cierta consistencia y trabazon entre sus moléculas, en razon directa de la cantidad de alumina que contienen. Sin embargo, se observa que despues de cocidas pierden esta propiedad, obrando en este caso mecánicamente sobre las tierras de un modo análogo al de la sílice: circunstancia en que se funda el uso del ladrillo molido como mejoramiento en las tierras fuertes. 2.ª La gran higroscopicidad de que está dotada, pues absorbe el agua hasta la enorme proporcion de 70 por 100 de su peso, sin dejarla circular por su seno sino con gran dificultad; por cuya razon se dice que esta roca es impermeable. De esta propiedad resulta, que si bien en los tiempos secos las plantas encuentran cierta frescura en su masa, cuando las lluvias son abundantes y continuadas, las raíces se pudren y perecen con facilidad. 3.ª La facultad de retener entre sus moléculas, y conservar por mucho tiempo los gases nitrogenados de los abonos animales, resultando de ello que generalmente se consumen estos muy lentamente, si bien tardan mas en fertilizar las tierras.

Además las arcillas, aunque del todo insolubles en el agua, pueden ser arrastradas ó llevadas en suspension por este agente, sobre todo cuando sus moléculas son muy tenues, dándonos esto razon de lo turbias que son en general las corrientes cuando circulan sobre terrenos de esta naturaleza. Su presencia en general, cuando no se halla en exceso, suele ser ventajosa para las tierras, gracias á las propiedades que acabamos de asignarle. El limo que las corrientes de las aguas y las inundaciones depositan en los bordes de los rios y arroyos ó en su desembocadura, consta en su mayor parte de arcilla en estado de grande atenuacion.

Cuando la arcilla, y en especial la plástica, que es la que en mas alto grado posee la facultad de retener el agua y de apelmazarse, se encuentra en proporcion de 50 por 100, la tierra recibe el nombre de arcillosa, fuerte, grasa, fria y húmeda.

Bajo el nombre de cal se comprende un compuesto del metal calcio y de oxígeno, sustancia que jamás se encuentra en la naturaleza en estado puro, pero que combinada con los ácidos carbónico, sulfúrico, nítrico, silícico y fosfórico, es muy comun, dando orígen á una porcion de piedras mas ó menos útiles para la tierra vegetal.

La primera de estas combinaciones constituye los carbonatos de cal ó piedras calizas que se hallan en la tierra, ora

disueltas en el agua cuando contienen un exceso de ácido, ora en forma de polvo, ó en fragmentos de diferentes tamaños. En estado de disolucion es mas comun el carbonato de cal en las aguas que en las tierras, y conviene mucho reconocer su presencia por las malas cualidades que les comunica, siendo perjudiciales para el hombre y para las plantas. Tres son los medios de que se puede echar mano para ello, y son: 1.° Dejar las aguas expuestas durante algun tiempo al aire libre, ó hacerlas hervir: en ambos casos dejan un poso de carbonato de cal, que se reconocerá por la efervescencia viva que hace al echarle unas gotas de vinagre concentrado. 2.° Tratarlas por el oxalato de amoniaco, pues las enturbia de un modo muy notable. 3.° Añadir á la disolucion unas gotas de amoniaco, el cual absorbe todo el ácido carbónico excedente, mientras el carbonato ya insoluble se deposita en forma de pequeños cristales que se fijan en las paredes de la vasija.

En las tierras vegetales la piedra caliza se encuentra por el contrario en fragmentos ó en forma de polvo, resultado de la accion mecánica de los agentes exteriores, comunicándoles á beneficio de sus propiedades, caractéres preciosos, pues goza de la consistencia de la arcilla y de la permeabilidad de las arenas, sin poseer estas cualidades en tan alto grado. Así es que la cal constituye uno de los mas excelentes mejoramientos, comunicando á las tierras arenosas la consistencia que necesitan, y dando soltura á las arcillosas, cuya impermeabilidad corrige en parte.

La cal viva obra en la tierra de tres modos: 1.° Estableciendo una separacion entre el agua, la sílice y la caliza. 2.° Librando á las plantas de un suelo demasiado húmedo ó pantanoso. Y 3.° Matando los insectos dañinos en virtud de su causticidad. Todas estas propiedades hacen que la cal sea un buen mejoramiento de las tierras.

Segun el famoso químico aleman Liebig, la cal ó el óxido de calcio, al combinarse en estado de disolucion con la arcilla la hace soluble, poniendo en libertad la mayor parte de los álcalis que contiene.

Los terrenos en cuya composicion entra una cantidad algo notable de caliza, son excelentes, segun Gasparin, para el trigo, siendo su accion tan visible, que basta añadirla en pequeñas proporciones para obtener cosechas abundantes. Se entiende que las demás condiciones que contribuyen al desarrollo de esta planta han de ayudar. Sin embargo, cuando el carbonato de cal se encuentra puro, sin mezcla de otras sustancias, constituye una tierra vegetal estéril, confirmando el principio de que todo suelo compuesto de un solo elemento es perjudicial para las plantas. Cuando la proporcion de carbonato llega ó excede de un 50 por 100, las tierras se llaman calizas.

La *magnesia* es el óxido del metal magnesio, resultado de una combinacion con el oxígeno; sustancia muy análoga á la cal, y que como esta tiene gran afinidad por todos los ácidos, razon que explica su escasez en estado puro, si bien combinada en especial con los ácidos carbónico, sulfúrico y fosfórico, es muy abundante. La sal mas comun de esta base en las tierras vegetales es el carbonato, el cual ofrece grande analogía con las piedras calizas, haciendo como ellas efervescencia en los ácidos, y reduciéndose á óxido por la elevacion de la temperatura. Dicha sal procede de la descomposicion de las Dolomias, de las serpentinas y de la mayor parte de las rocas básicas; y se encuentra en notable proporcion en muchas tierras vegetales. Es una sustancia blanca, inodora, insípida, insoluble en el agua, soluble con efervescencia en los ácidos; mas ó menos compacta, que absorbe con facilidad los gases atmosféricos y el agua, aunque no los retiene mucho. Esta piedra se resquebraja y cuartea como la creta bajo la influencia de los cambios bruscos de temperatura, conservando por bastante tiempo el calor de los rayos solares.

Por lo visto las tierras en que abunda la magnesia son muy análogas á las calizas, pudiéndose reemplazar estas dos sustancias recíprocamente; si bien la mayor afinidad de aquella por el agua, proporciona una tierra vegetal mas suelta, fresca y de mejores cualidades para determinadas plantas.

En España las tierras magnésicas son muy abundantes, particularmente en el territorio de la Alcarria, cuya lozanía en la vegetacion y exquisito gusto en los frutos es notoria.

A pesar de las buenas cualidades que esta sustancia comunica á las tierras cuando se halla en proporciones convenientes en el suelo, si su cantidad es algo excesiva las imprime el sello de esterilidad.

En cuanto al fosfato de magnesia, que acompaña muy á menudo al de la cal, ejerce como este una influencia benéfica en el desarrollo de casi todas las plantas, y en especial en la germinacion de los cereales, cuyas semillas suelen presentar dichas sales en proporciones notables. Del uso de estas sustancias como mejoramientos se hablará mas adelante.

El hierro y el manganeso entran igualmente á formar parte de las tierras vegetales generalmente en estado de óxidos, si bien aquel es mucho mas abundante que este. Los óxidos de hierro comunican á las tierras una coloracion diferente segun la cantidad de oxígeno y la presencia ó ausencia del agua en dichas combinaciones: cuando es el peróxido anhidro el color del suelo es rojo, y por el contrario, amarillo si es hidratado.

Otras veces este metal se presenta combinado con diversos ácidos, siendo el mas comun el carbonato que se encuentra en las tierras y en las aguas que circulan por la superficie. Tambien se combina con algunos ácidos orgánicos y principalmente, segun opina Phillips, con el *úlmico* que se encuentra en el mantillo, en cuyo caso, esta sustancia no es perjudicial al cultivo como algunos habian creido.

La presencia de sustancias ferruginosas en las tierras se reconoce fácilmente, porque su disolucion en los ácidos se ennegrece con solo echarle unas gotas del cocimiento de cortezas de encina ó de cualquiera otra materia astringente.

Estos elementos, cuando no se hallan en exceso, ejercen una influencia saludable en la vegetacion, debida indudablemente á la coloracion que comunican á las tierras, aumentando la propiedad de absorber la luz y el calor; á la propiedad de absorber y retener las sustancias volátiles, y por último, á la especie de estímulo que producen en los tejidos de las plantas. Algunos, sin embargo, ponen en duda esta accion del hierro.

En cuanto al óxido de manganeso y á los carbonatos ó silicatos que se hallan en las tierras, su accion es bastante análoga á la del hierro y la cantidad demasiado escasa para que nos detengamos en su descripcion.

Hasta aquí hemos indicado los elementos minerales que entran en la composicion de las tierras, pero estas contienen tambien materiales orgánicos que conviene conocer, procedentes de la descomposicion de las plantas y de los animales. Al conjunto de estas sustancias se ha dado el nombre de *Humus* y en idioma español el de *Mantillo*.

El mantillo, que ocupa en general la parte mas exterior ó superficial de las tierras, es una materia negruzca ó de colores oscuros, suave al tacto, que pierde por la accion del calor el agua que contiene, y despide cuando se le quema un olor parecido al de la paja ó hueso, segun su procedencia vegetal ó animal.

En la composicion de esta parte de la tierra se hallan: 1.° Materias que no han experimentado grandes alteraciones, como sucede con los pedazos de corteza y raíces, y con los restos de animales. 2.° Sustancias en descomposicion mas ó menos avanzada. Y 3.° Partes totalmente descompuestas, como si estuvieran podridas. Estas circunstancias y la naturaleza de los materiales que componen el mantillo, determinarán naturalmente sus propiedades, que son diversas.

El mantillo que procede de plantas ricas en *tanino* ó ácido *tánico* (compuesto de oxígeno, carbono é hidrógeno) es igualmente ácido como se observa en la tierra de *brezo*; no conviene á todas las plantas, y á veces se necesita contrarestar su accion por medio de la cal viva. Por el contrario, cuando las plantas que lo han suministrado no abundan mucho en dicho principio, el mantillo se llama dulce ó suave, carece de las propiedades ácidas y es muy á propósito para toda clase de cultivo. Algunas veces procede de la descomposicion de plantas de lugares bajos y pantanosos, recibiendo el epíteto de *turboso*, por la analogía que ofrece con la turba en lo tocante á su composicion y modo de formarse.

Las proporciones en que se encuentra el mantillo en las tierras son muy variables; en los lugares bajos en que se cria la turba llega hasta 70 por 100; en algunas regiones en que abunda el cieno diluvial, y en las que se cultivan varias pantas desde hacia muchos siglos, suele contener hasta un 25 por 100: pero en general su proporcion en el suelo es menor.

Todas las plantas no exigen tampoco igual cantidad de mantillo; así por ejemplo, la avena y el centeno prosperan cuando encuentran en la tierra uno ó uno y medio por ciento de materias orgánicas; la cebada necesita lo menos dos ó dos y medio por ciento; las buenas tierras para trigo deben contener de cuatro á ocho por ciento; por último, en el suelo muy arcilloso llego hasta diez y doce por ciento.

El mantillo no solo obra por las sustancias orgánicas que entran en su composicion; tambien contiene varios principios minerales y en especial el ácido carbónico, que desempeña un papel importante en la vegetacion, con la particularidad de hallarse en el estado mas conveniente para ser absorbido por las raíces.

Además el humus ejerce una accion mecánica muy importante dividiendo y esponjando, digámoslo así, el terreno, haciéndolo mas sensible á la accion del calor, y conservando mejor la humedad que necesita.

El oxígeno de la atmósfera, en virtud de su accion lenta y contínua sobre las materias orgánicas del mantillo, y especialmente, sobre los restos vegetales, determina la formacion de la ulmina, geina, ácido húmico ó úlmico, sustancia negruzca, insípida é inodora, que ofrece el aspecto del azabache cuando pura, muy soluble en los álcalis y en la que reside toda la virtud, por decirlo así, del mantillo. Esta materia goza de una tendencia muy marcada á combinarse con las sustancias amoniacales, y al obrar sobre el carbonato de amoniaco se combina con este y deja libre el ácido carbónico, elemento esencial á la vida de las plantas.

Para reconocer la presencia del mantillo en una tierra, basta hacer hervir una cantidad cualquiera, por ejemplo quince gramos, en una disolucion de potasa, durante veinte á treinta minutos; si la tierra contiene materias orgánicas, el líquido toma un color oscuro, mientras que en el caso contrario, apenas se tiñe, quedando muchas veces limpio y trasparente. Si queremos apreciar la cantidad de humus que contiene dicha tierra, bastará verter en el líquido despues de filtrado en la primera operacion ácido clorhídrico, hasta enrojecer el papel de tornasol. El ácido húmico se separa en copos pardos que pueden recogerse en un filtro, pesándolo despues de bien lavado y seco.

Conocida la procedencia de los materiales que componen la tierra vegetal, conviene indicar los medios sencillos de que puede valerse el agricultor, sin necesidad de un laboratorio, para darse cuenta de la naturaleza de las tierras, sin lo cual difícilmente podrá sacar partido de estas nociones. Antes, sin embargo, será menester pasar en revista las principales propiedades físicas de las tierras, ya que estas desempeñan un papel tan principal en el desarrollo de las plantas.

Despues de lo expuesto acerca de la importancia de estas propiedades, bastará citar algun ejemplo con el que se muestre, que sin variar de naturaleza una misma sustancia, determina efectos muy distintos en el cultivo, para confirmarnos en la necesidad de su estudio.

La arcilla pura y natural forma un suelo sobrado tenaz y consistente, en extremo perjudicial á toda especie de cultivo; la misma sustancia calcinada adquiere una soltura en sus moléculas muy á propósito para determinadas plantas. Cuando la sílice y la cal predominan en un terreno en forma arenosa, le comunican un carácter tan seco y ardiente, que la vegetacion es punto menos que imposible; por el contrario, en estado pulverulento los mismos materiales dan orígen á un suelo demasiado húmedo y de consiguiente perjudicial á las plantas. Esto se aplica con solo tener presente que en el primer caso la caliza solo retiene 29 por ciento de su peso de agua; mientras que en el segundo conserva hasta 85 por 100. Otro tanto puede decirse de la sílice.

Las principales propiedades físicas de las tierras que conviene dar á conocer son las siguientes: 1.ª La densidad ó peso específico. 2.ª La tenacidad, cohesion ó adherencia; 3.ª La permeabilidad y capilaridad. 4.ª La facultad de absorber el agua. 5.ª La aptitud á desecarse. 6.ª La disminucion de volúmen por la desecacion. 7.ª La facultad de absorber la humedad atmosférica. 8.ª La absorcion de los gases. Y 9.ª La absorcion y poder retentivo del calor.

El peso específico de una tierra, como de otro cuerpo cualquiera, resulta de la comparacion en volúmenes iguales con el del agua. Para apreciarlo se toma un frasco de cabida de dos decílitros, en el que se vierte uno de agua destilada, llenando lo restante de tierra bien seca, hasta que aquella enrase con el borde del frasco. Como para llenarle, estando el frasco medio de agua, se ha necesitado el mismo volúmen de tierra, comparado el peso de esta con el del decílitro que es de cien gramos, resultará la densidad de aquella. Si se han necesitado 200 gramos, el peso de la tierra estará representado por dos, si 300 por tres, y así sucesivamente.

El Sr. Schiller, de quien á su vez ha tomado Girardin casi todos los datos referentes al estudio de las propiedades físicas, ha publicado el siguiente cuadro en el que se expresa la densidad de las diferentes sustancias que componen la tierra vegetal, refiriéndola á la del agua representada por 1,000 partes ó unidades.

Arena caliza.	2,822
— silícea.	2,753
Greda seca.	2,701
— crasa.	2,652
Tierra arcillosa.	2,603
Arcilla pura.	2,591
Tierra caliza pulverulenta.	2,468
— labrantía de Hoffwyll. . . .	2,401
Yeso.	2,358
Tierra de jardin.	2,332
Carbonato de magnesia.	2,232
Mantillo.	1,225

Del anterior cuadro se desprenden los resultados siguientes: 1.° Que la arena representa el elemento mas pesado de las tierras vegetales. 2.° Que en su consecuencia la mayor ó menor proporcion de esta aumenta ó disminuye el peso de las tierras. 3.° Que la tierra caliza fina, el carbonato de magnesia y el mantillo, disminuyen por el contrario su densidad haciéndolas ligeras, pulverulentas y secas. Y 4.° Que en virtud de lo dicho la densidad de una tierra puede dar á conocer, hasta cierto punto, su naturaleza y composicion.

Esta propiedad se funda en la mayor ó menor trabazon que une á los diferentes elementos componentes de las tierras; propiedad preciosa por la influencia que ejerce sobre las plantas, y en la que se funda la distincion que hacen los labradores de las tierras en flojas y fuertes ó pesadas. El modo de apreciar esta propiedad es muy sencillo, y se reduce á humedecer un puñado de tierra hasta llegar á hacer masa con el agua; despues se le da la forma de una bola, que desecada al sol ó la lumbre, se sujeta á la presion; observando en ella que las tierras arenosas ó ligeras se deshacen entre los dedos, y á veces por su propio peso; prueba evidente de la poca trabazon que une á sus moléculas. Las buenas tierras labrantías resisten mas, pero se trituran al primer golpe del martillo ó de una mano de almirez. Por último, las gredas y tierras arcillosas exigen para disgregarlas repetidos golpes de martillo, probando en ello su mayor tenacidad.

Tambien puede hacerse el experimento de otro modo, que consiste en calentar hasta el rojo cereza la masa que se haya tomado de las diferentes tierras, sumergiéndolas en seguida en el agua fria, en cuyo caso las tierras arenosas se deshacen instantáneamente, las calizas se abren tambien muy pronto, despidiendo burbujas de aire, y se cuartean y caen en pequeños pedazos, y las arcillas y gredas, no solo conservan sus formas, sino que se endurecen mas con la coccion.

Al examinar esta propiedad no basta saber la adherencia que reune las moléculas entre sí; conviene tambien anotar la que estas guardan con los instrumentos agrícolas. Para ello se toma una plancha de hierro y otra de la madera que mas comunmente se emplee en el pais para la construccion de dichos instrumentos, y se colocan alternativamente en uno de los lados de la balanza, en contacto con el suelo humedecido, anotando el peso que se añade cada vez en el otro platillo para levantarlo, pues este representará el grado de adherencia de los instrumentos agrícolas á la tierra.

El siguiente cuadro ilustrará mas esta materia.

ESPECIES DE TIERRAS	Tenacidad de la tierra seca, siendo la de la arcilla pura 100	Tenacidad en peso — *Kilógramos*
Arcilla pura.	100,0	11,100
Tierra arcillosa.	83,3	9,250
Greda grasa.	68,8	7,640
Idem seca.	57,3	6,360
Tierra labrantía de Hoffwyll.	33,0	3,660
Carbonato de magnesia. . . .	11,5	1,270
Mantillo.	8,7	0,970
Tierra de jardin.	7,6	0,840
Yeso.	7,3	0,810
Tierra caliza fina.	5,5	0,500
Arena silícea.	0,0	0,000
Caliza arenosa.	0,0	0,000

De este cuadro se deduce: 1.° Que la tenacidad de una tierra está en razon directa de la cantidad de arcilla que contiene. 2.° Que la adherencia no crece á proporcion de la propiedad de retener el agua, pues la tierra caliza y el mantillo poseen esta última en mas alto grado que la arcilla, y son mucho menos adherentes. Y 3.° Que la humedad hace subir de punto la cohesion, como se observa, por ejemplo, en la arena que en estado seco está enteramente privada de ella, mientras que si se moja ó humedece presenta alguna ó bastante trabazon. Tambien en tésis general puede decirse que la adherencia de las tierras es siempre mayor á los instrumentos ó aperos de madera que á los de hierro; y no obstante, se observa que en tiempos húmedos se trabaja mas fácilmente con aquellos que con estos, lo cual consiste en que los primeros no penetran tanto en la tierra como los segundos.

La permeabilidad consiste en la facilidad con que las tierras dejan pasar el agua á su través; propiedad preciosa, y sin la cual las raíces no podrian recibir del suelo las sustancias líquidas de que se nutren. Toda labor que tienda á disminuir la cohesion, aumenta la permeabilidad de las tierras.

Para apreciar esta propiedad se toma un kilógramo de cada una de las tierras que se quieren examinar, se secan bien, se ponen en una vasija que contenga un litro de agua, con la que se forma una pasta ó masa blanda, la cual se extiende sobre un tamiz, igualando bien su superficie. Despues se vierte con cuidado una determinada cantidad de agua, anotando el tiempo que invierte en pasar al través de cada una y el modo como cuela el agua, y estas dos circunstancias determinarán la permeabilidad respectiva. De los diversos experimentos que se han practicado con este fin, resulta que la arena es la sustancia permeable por excelencia, pues apenas se detiene el agua entre sus moléculas, mientras que, por el contrario, la arcilla representa la sustancia mas impermeable, tanto que apenas deja pasar el líquido gota á gota.

Todo el mundo ha podido observar que cuando se sumerge un terron de azúcar ó una mecha por uno de sus extremos en un líquido, este sube á través de sus moléculas elevándose sobre su propio nivel. Esta propiedad ha recibido el nombre de *capilaridad* por ser mas visible en los tubos de capacidad próximamente igual á la de un cabello cuando se sumergen verticalmente en un líquido, y depende de la afinidad que el líquido tiene por la materia que penetra y de la atraccion recíproca de las moléculas de aquel. Para reconocerla bastará repetir con un puñado de tierra seca el experimento del terron de azúcar que se acaba de citar.

La importancia de esta propiedad en el cultivo es muy grande, pues contribuye á distribuir los líquidos con uniformidad en la masa de la tierra, haciendo por otra parte que vuelvan hácia la superficie las materias solubles y fijas que el agua arrastra por la filtracion.

En general las tierras ligeras y esponjosas participan de esta propiedad en alto grado. Cuando la permeabilidad de un terreno ofrece un término medio, la capilaridad está muy desarrollada, en lo cual estriba principalmente la ventaja del uso de aquellos mejoramientos que tienden á favorecer la primera.

En la capilaridad se funda tambien el riego de filtracion, como se observa con frecuencia en los terrenos areniscos ó arenosos inmediatos á lagos ó á aguas estancadas y en los médanos, terrenos que por esta circunstancia pueden llevar una vegetacion frondosa. En Andalucía dan el nombre de *navazos* á los huertos situados sobre los arenales inmediatos á las playas, práctica que se funda en la propiedad que acabamos de examinar.

La absorcion y facultad retentiva del agua por la tierra, consiste en el grado de afinidad que esta tiene por aquella;

en cuyo concepto se distingue de la permeabilidad en que la una deja pasar el líquido, mientras que la otra contribuye á que se conserve entre las moléculas de la tierra. Esta propiedad es importantísima para las plantas, pues sin ella el agua ó no podria penetrar en la tierra ó pasaria, por el contrario, como al través de un filtro sin servir al objeto á que está destinada. Esta propiedad puede referirse á la aptitud que tienen las tierras á tomar la humedad ambiente ó á la de retener el agua que se encuentra en su masa. Para apreciar la primera, cuyo conocimiento es importante, el señor Schubler se vale de un experimento muy sencillo, reducido á colocar una campana de cristal sobre un receptáculo que contiene agua, y dentro tres ó cuatro platillos de zinc ó de cualquiera otra materia, sostenidos en forma de ramillete por un pié comun: sobre cada una de ellas extiende tierra en igual cantidad, apreciando la absorcion de cada una por la diferencia de peso que ofrecen al cabo de un tiempo determinado é igual para todas. El siguiente cuadro demuestra los resultados que ha obtenido este autor en sus repetidos experimentos, cuyas consecuencias son fáciles de apreciar.

ESPECIES DE TIERRAS	ABSORCION VERIFICADA POR 500 CENTÍGRAMOS DE TIERRA, EXTENDIDA SOBRE UNA SUPERFICIE DE 36 MILÍMETROS CUADRADOS, EN			
	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas
	Centigs.	*Centigs.*	*Centigs.*	*Centigs.*
Arena silícea	0,0	0,0	0,0	0,0
Yeso	0,5	0,5	0,5	0,5
Arena caliza	1,0	1,5	1,5	1,5
Tierra labrantía del Jura	7,0	9,5	9,5	10,0
Id. id. de Hoffwyll	8,0	11,0	11,5	11,5
Greda seca	10,5	13,0	14,0	14,0
Id. grasa	12,5	15,0	17,0	17,5
Tierra caliza fina	13,0	15,5	17,5	17,5
Id. arcillosa	15,0	18,0	20,0	20,5
Id. de jardin	17,5	22,5	25,0	26,0
Arcilla pura	18,5	21,0	24,0	24,5
Carbonato de magnesia	54,5	38,0	40,0	41,0
Mantillo	40,0	48,5	55,0	60,0

Para apreciar la propiedad que tienen las tierras de retener el agua que se halla en su masa, se toman 20 gramos, por ejemplo, de cada una, que se desecan primero á la temperatura de 40 ó 50 grados: despues se coloca en una cápsula y se vierte agua hasta formar una especie de papilla que se traslada á un filtro mojado y pesado de antemano, cuidando al propio tiempo de lavar la cápsula y echar el agua en el filtro; al cabo de algun tiempo y cuando el líquido ya no filtra se pesa todo, y el resultado manifestará la aptitud de la tierra á retener el agua. Así es que si, por ejemplo, se tomaron 20 gramos de tierra, y el filtro pesaba además 5, si despues de la operacion el total es de 15 gramos, la diferencia representada por 10 expresa el grado en que la tierra goza de esta propiedad. Si se la quiere apreciar, no de un modo absoluto, sino refiriéndola á 100 partes de la misma tierra, bastará hacer la siguiente proporcion: $20 : 10 :: 100 : x$, en la que multiplicando el segundo término por el tercero, y dividiendo el producto por el primero, resultará ser el valor de $x = 50$ que representa el poder absorbente de dicha tierra, es decir, 50 por 100. El siguiente cuadro ilustrará mas esta materia.

	100 partes retienen de agua
Arena silícea	25
Yeso	27
Arena caliza	29
Greda seca	40
Idem grasa	50
Tierra de Hoffwyll	52
Idem arcillosa	60
Arcilla pura	70
Caliza fina	85
Tierra de jardin	89
Mantillo	190
Carbonato de magnesia	456

Las consecuencias que se desprenden del cuadro anterior son demasiado obvias para que nos detengamos en enumerarlas.

Esta propiedad es muy importante en agricultura, pues de ella depende la índole de las tierras, siendo evidente que las que dejan escapar con mas prontitud el agua, deben ser las mas secas y cálidas y vice-versa. Para llegar á conocerla se toma un puñado de igual peso de tierras diferentes, se dejan evaporar al aire libre durante un mismo tiempo, y la diferencia de peso marcará en cada una la facilidad ó dificultad con que han perdido el agua. En el siguiente cuadro, suponiendo que las materias en él indicadas contienen 100 partes de agua, á las cuatro horas y cuatro minutos, y á la temperatura de 18° 75′ han perdido, segun los experimentos del señor Schubler, la cantidad expresada al frente de cada una.

Arena silícea	88,4
Caliza arenosa	75,9
Yeso	71,7
Greda seca	52,0
Idem grasa	45,7
Tierra arcillosa	34,9
Idem de Hoffwyll	32,0
Arcilla pura	31,9
Tierra caliza fina	28,0
Idem de jardin	24,3
Humus	20,5
Carbonato de magnesia	10,8

Tambien se desprenden de este cuadro una porcion de consideraciones que expresan con mas lógica los números, que una descripcion detallada.

Del diferente grado con que las tierras poseen esta propiedad, dependen las diferentes denominaciones que se les han dado. al llamarlas sanas, cuando trascurridos dos ó tres dias despues de fuertes lluvias, solo contienen próximamente la mitad del agua que les corresponde por su facultad absorbente; estas tierras son buenas y convenientes para muchos cultivos. Nuestro célebre agricultor Herrera ya decia en su tiempo: «Item, es buena tierra la que presto embebe el agua y conserva el humor.» Por frescas se reputan las que á la profundidad de 33 centimetros retienen de 15 á 20 por 100 de su peso de agua: son buenas para prados de forraje. Las que no llegan á esta cantidad se tienen por secas.

La sexta propiedad se aprecia formando con las diferentes especies de tierra que se quiere examinar, un cubo de dimensiones iguales: se dejan secar á la sombra, y cuando ya no pierden de su peso se mide el volúmen, el cual comparado con el primitivo dará la medida de la retraccion. El siguiente cuadro del Sr. Schubler indica bajo este punto de

vista el carácter de cada una de las sustancias que entran en la composicion de las tierras. Tomando mil partes para el experimento, resulta que pierden la

Caliza fina..	50
Greda ó arcilla seca. . .	60
Idem grasa.	89
Tierra labrantía del Jura. .	95
Idem arcillosa.	114
Idem de Hoffwyll. . . .	120
Idem de jardin.	149
Carbonato de magnesia. .	154
Arcilla pura.	183
Mantillo.	200

El hecho mas importante que se desprende de este cuadro es la diferencia tan notable de retraccion que se observa entre la tierra caliza y la arcilla, en cuya propiedad se funda la tendencia constante á pulverizarse que ofrece la marga, roca compuesta, como hemos dicho, de estos dos elementos en proporciones diversas, y tambien el uso que se hace de esta sustancia como excelente mejoramiento de muchas tierras vegetales.

Tambien es considerable la pérdida de volúmen que experimenta el mantillo por la desecacion, lo cual explica perfectamente el hundimiento que se nota en tiempos secos en el fondo de los valles muy ricos en esta sustancia, que á veces llega á ser de algunos centímetros.

La absorcion de los gases por la tierra se refiere principalmente al oxígeno; puede verificarse física ó químicamente. La absorcion química del oxígeno la poseen en grado diferente las diversas sustancias que entran en la composicion de las tierras, pero el mantillo es el que la efectúa con mas prontitud, sufriendo un cambio en su presencia, que consiste en perder parte del hidrógeno que se combina con el oxígeno para formar agua, desprendiéndose de la materia orgánica un volúmen de ácido carbónico igual al del oxígeno absorbido.

Las materias térreas ó minerales solo retienen el oxígeno á favor de la presencia del hierro, el cual cambia de estado pasando á un grado superior de oxidacion. En este caso se forma amoniaco, á expensas del agua y del aire que retienen las tierras, favoreciendo de esta manera la vegetacion.

El siguiente cuadro ilustrará mas esta materia.

	ABSORCION en peso de oxígeno por 100 partes en peso de tierra, en 30 dias
Arena silícea..	1,6
Yeso.	2,7
Arena caliza.	5,6
Greda seca.	9,3
Tierra caliza fina.	10,8
Greda grasa.	11,0
Tierra arcillosa.	13,6
Idem labrantía del Jura. . .	15,2
Arcilla pura.	15,3
Tierra labrantía de Hoffwyll..	16,2
Carbonato de magnesia. . .	17,0
Tierra de jardin..	18,0
Mantillo.	20,3

La importancia de esta propiedad se funda ó estriba en ser el medio mas eficaz de que se vale la naturaleza para hacer llegar hasta las raíces de las plantas las sustancias gaseosas que, como el oxígeno, el ázoe, el ácido carbónico y otros, concurren de un modo muy directo á su existencia y desarrollo.

Uno de los objetos de mayor importancia que el agricultor consigue por medio de las labores que tienden á remover las tierras, ó abriendo zanjas ú hoyos mucho tiempo antes de plantar los árboles, consiste en poner en contacto de la atmósfera la mayor superficie posible de aquellas, y hacer que se penetren bien, por absorcion, de dichas sustancias gaseosas. En la misma razon se funda la mayor fertilidad de la capa superficial de la tierra; por cuyo motivo conviene renovarla con frecuencia por los diferentes medios que proporciona el arte.

La absorcion química de las tierras solo se verifica, en general, cuando la favorece la humedad, y aumenta con el calor. Si las tierras, por el contrario, están enteramente secas ó se hallan cubiertas de una capa de hielo, puede decirse que carecen de tan preciosa propiedad.

Entre todos los elementos de la tierra vegetal el mantillo es el que absorbe mejor el oxígeno de un modo químico; siguen despues la magnesia, las arcillas, la tierra caliza fina, el yeso y las arenas.

La absorcion mecánica se verifica principalmente por el carbonato de magnesia, siendo un hecho análogo á la accion que ejercen sobre los gases los cuerpos porosos ó esponjosos, el carbon, por ejemplo, los cuales devuelven á la atmósfera los gases absorbidos en el momento en que se eleva algun tanto la temperatura, ó en que se les comprime, segun resulta de los experimentos de Saussure (Teodoro).

La facultad que poseen las tierras de absorber y retener el calor es una de las mas importantes y que deben llamar mas la atencion del agricultor, por la influencia que ejerce en la germinacion y en el desarrollo de las plantas.

La temperatura del suelo es muy variable segun las horas del dia, la naturaleza del terreno, su exposicion, la accion de los vientos, etc. De dia se observa que es superior á la del ambiente, y por el contrario, inferior durante la noche. Estas diferencias cesan completamente á cierta profundidad.

Prescindiendo de todas estas modificaciones, en general puede decirse que la temperatura de la tierra depende:

1.° Del color de su superficie, siendo tanto mas elevada cuanto mas predominan las tintas oscuras.

2.° De su composicion ó naturaleza química, como parece demostrar el adjunto cuadro.

	FACULTAD de conservar el calor.
Arena caliza.	100,0
Arena silícea.	95,6
Greda seca.	76,9
Tierra labrantía del Jura. . .	74,3
Yeso.	73,2
Greda grasa.	71,1
Tierra labrantía de Hoffwyll. .	70,1
Tierra arcillosa.	68,4
Arcilla pura.	66,7
Tierra de jardin.	64,8
Tierra caliza fina.	61,8
Mantillo.	49,0
Carbonato de magnesia. . .	38,0

La facultad de absorber y retener el calor parece estar tambien en razon directa de la densidad respectiva de los elementos que constituyen la tierra vegetal, como se desprende del cuadro anterior comparado con lo que acabamos

de exponer, puesto que las arenas, que son las que se calientan mas, son igualmente las mas pesadas, y, por el contrario, la magnesia y el mantillo, que se calientan menos, son las mas ligeras.

3.° Del grado de humedad de las tierras, pues como el agua al evaporarse consume mucho calor, cuanta mayor sea su cantidad en una tierra dada, tanto mas baja será su temperatura. De lo dicho resulta que las tierras húmedas y de colores claros, como sucede en las que predominan las margas y las arcillas margosas, constituyen un suelo frio; y por el contrario, las arenas por su carácter seco, y las tierras de colores oscuros, son cálidas ó ardientes.

4.° Del ángulo ó de la inclinacion de los rayos solares sobre las tierras. En general, cuanto mas perpendicular es esta, tanto mas se calientan las tierras; por cuyo motivo esta propiedad debe modificarse con la latitud, y hasta cierto punto tambien con la disposicion orográfica del suelo.

Conocidas las propiedades físicas de las tierras vegetales, estamos ya en el caso de indicar los medios sencillos y al alcance de todos para llegar á conocer la composicion de un suelo dado; conocimiento de la mayor importancia, por cuanto ha de servir al agricultor para saber si sus tierras poseen los elementos necesarios al desarrollo de las plantas que desea cultivar ó introducir. Al conjunto de operaciones que conducen á este fin se llama análisis. Esta consta de dos partes: la primera tiene por objeto verificar la separacion y determinar los elementos térreos insolubles, así orgánicos como inorgánicos, y se llama análisis mecánica; la segunda es una verdadera análisis química, y en ella nos proponemos averiguar la calidad y cantidad de las materias solubles de las tierras; de donde el llamársela cualitativa y cuantitativa.

Antes, sin embargo, de proceder á estas operaciones, conviene en gran manera darse cuenta de las principales propiedades de la tierra por los medios que acabamos de indicar, ó por el simple uso de los sentidos. Así es que, por el tacto se conocerá si la tierra es arenosa, arcillosa ó térrea; por la vista si es blanca, como sucede en las de yeso y calizas; ó roja, como las muy ricas en hierro, ó de colores oscuros, como las muy cargadas de mantillo, y las tierras volcánicas en general. Todo esto auxiliará poderosamente las operaciones ulteriores.

Para que el ejemplar sometido al análisis sea la expresion fiel de la naturaleza de la tierra que se desea conocer, como quiera que las variaciones en el suelo son muy frecuentes, convendrá tomar un puñado en cada extremo de la parcela, y en el centro en dos ó tres puntos; y en general en aquellos sitios donde, sea por la coloracion, ó por cualquier otro signo, se sospeche que la composicion de la tierra varía. Mézclanse todos estos ejemplares que deben extraerse de media á una cuarta de profundidad, y se saca de la mezcla bien hecha lo suficiente para el ensayo, apreciando antes, como queda dicho, las principales propiedades físicas, que mas conviene conocer. Para completar este conocimiento, puede auxiliarse la inspeccion empírica con lo que los mineralogistas llaman análisis mecánica y que oportunamente dimos á conocer en el artículo dedicado á los caractéres de las rocas (pág. 249). No siendo esto bastante, convendrá proceder al ensayo y análisis química, para lo cual y reduciendo la operacion al mayor grado posible de sencillez para ponerla al alcance del mayor número posible de personas, puede decirse que los enseres ó utensilios indispensables para esta operacion redúcense á una balanza bastante sensible, á dos ó tres tamices metálicos, uno de malla algo mayor, y otro del diámetro de un grano de mostaza, dos ó tres copas graduadas de vidrio ó cristal, una pequeña estufa de Gay-Lussac, ácido clorhídrico, sulfúrico, prusiato de potasa, y bicarbonato de sosa, una lámpara de ensayos, un crisol de platino, y unas cápsulas de porcelana.

Procediendo ya á operar, se toma de la mezcla de todos los ejemplares de una tierra, medio kilógramo ó 500 gramos, que se pone sobre el tamiz de malla grande, con el cual, despues de agitar cinco ó seis veces la tierra, se pesa con una balanza ordinaria lo que quedó encima, y se nota para apreciar la proporcion en que la grava, los cantitos, y demás materias ordinarias, entran en la composicion del suelo, lo cual siempre da una idea del estado de este.

De lo que pasó por el tamiz puede hacerse si se quiere otra separacion, por medio del de mallas mas finas; y sino, se empieza ya el ensayo, por la determinacion del mantillo; para lo cual se toman 10 gramos de la tierra ya tamizada, y se coloca en el crisol de platino, donde se quema hasta que no despide olor vegetal ni animal, en cuyo caso, se deja enfriar, se pesa y anota la proporcion en el cuaderno de ensayos. Tambien puede adquirirse este dato por medio del agua; pues como el mantillo es mas ligero, sobrenada y puede recogerse fácilmente; se seca todo y se pesa: sin embargo, es preferible el primer método.

Para determinar la cantidad de agua que contiene la tierra, se colocan otros 10 gramos en una cápsula, en el interior de la estufa de Gay-Lussac; se pesa á la media hora, y la diferencia que se anotará, representa el agua que contiene la tierra.

En el ejemplar cuyo mantillo se ha apreciado ya, quedan de los elementos mineralógicos de la tierra, la arena, la caliza, si existe, la arcilla, el yeso., etc., cuya separacion se conseguirá por medio de eliminaciones, empezando por la arena que es el elemento mas pesado, á cuyo fin, puede emplearse la decantacion, poniendo la tierra en un frasco de vidrio ó cristal, y vertiendo en él agua destilada en cantidad suficiente; se agita bien la mezcla y se decanta con cuidado repitiendo dos ó tres veces la operacion para que solo quede en el fondo de la vasija primera la arena, por ser la sustancia mas pesada, cuya cantidad se anota. Tambien puede conseguirse este resultado por medio del tamiz, sobre el cual se coloca la tierra, haciendo pasar por él un chorro de agua que no sea muy fuerte, el cual arrastra la parte mas tenue, compuesta de arcilla, caliza, etc., quedando encima los granos gruesos de sílice, cuya cantidad se anota. El que pase la parte mas tenue de este elemento á través del tamiz, no altera mucho el resultado de lo que se desea saber, por cuanto el cuarzo en su estado de gran tenuidad goza de propiedades muy análogas á la arcilla.

Si la tierra contiene caliza, se pone en una cápsula grande de porcelana, y se ataca con el ácido clorhídrico, calentándolo á la lámpara de espíritu de vino, hasta que levanta hervor; y añadiendo ácido mientras dura la efervescencia. Hecho esto se retira la cápsula de la lámpara y se neutraliza la mezcla por medio del amoniaco líquido, lo cual se conocerá cuando el papel de tornasol enrojecido antes por el ácido, vuelve á adquirir su propio color. Se lava la tierra con agua destilada que se vierte con cuidado dos ó tres veces, y por último se decanta el líquido con cuidado, de manera que no caiga ninguna partícula de la tierra, la cual se vierte sobre papel de filtro, dispuesto en forma de caja merced á un marco cuadrangular de madera colocado encima de una tabla cubierta de yeso amasado y sólido á fin de que la absorcion del agua sea mas rápida. Sin embargo, para que la operacion sea mas exacta y sobre todo uniforme, conviene llevar la tierra á la estufa de Gay-Lussac, donde acaba de secarse en el papel mismo del filtro en que estaba colocada. Se separa la tierra desprendiéndola con cuidado del papel,

ó se pesa este con la tierra; se pone en un platillo de la balanza, y en el otro un papel de filtro de igual calidad y dimensiones, y el peso que se anotará, indica la cantidad de caliza que lleva la tierra.

Si la determinacion de este elemento mineralógico se ha hecho antes de decantar la arena, solo queda en la tierra ensayada, la sílice, la arcilla, y otros elementos tenues; para cuya separacion, se procede del modo siguiente: se pulveriza la mezcla para que no se formen grumos en el agua, hecho lo cual, se coloca en el tamiz de mallas finas, y puesto este sobre una copa ancha y de pico, y esparciendo antes por igual la tierra sobre la tela metálica, se la somete á un chorro graduado de agua, que puede ser el de un aguamanil por ejemplo, agitando de vez en cuando el tamiz, y hasta sirviéndose de una brochita fina, comprimiendo la masa contra las paredes de aquel, continuando así la operacion, hasta que el agua pasa clara y trasparente; en cuyo caso, se vierte lo que hay encima del tamiz volviéndolo al revés y sometiéndolo tambien al chorro de agua, decantando despues tanto el líquido que ha servido para esta definitiva operacion, cuanto aquel en cuyo fondo se ha depositado la arcilla; sin mas diferencia, que dejar que se apose durante algunas horas lo de la segunda copa, en razon á la tenuidad de sus partículas. Hecho esto, la arena y demás partes gruesas se secan en una cápsula de porcelana, por medio de la lámpara de espíritu de vino; se pesa luego y se anota: en cuanto á la arcilla y partes tenues, hecha la decantacion con sumo cuidado, se despega de las paredes de la vasija por medio de una brochita fina lo á ellas adherido, y agitándolo bien, se vierte, sin que quede nada en la copa, en papel de filtro dispuesto en forma de caja, que se lleva inmediatamente á la estufa de Gay-Lussac; de donde se saca cuando está ya seco lo que queda, se pesa con precauciones iguales á las que antes indicamos, y se anota en el cuaderno. Tal es el método, susceptible sin duda alguna de perfeccionamiento, que puede adoptarse para apreciar la proporcion en que en la tierra vegetal entran el agua, el mantillo, la caliza, la arena y la arcilla; que son entre los componentes inorgánicos del suelo, los que mas directa y eficazmente contribuyen á determinar sus diferentes grados de fertilidad. Si el agricultor no se contenta con esto, y desea saber á punto fijo las demás sustancias fijas y solubles que contienen sus tierras, debe en mi concepto dirigirse á un profesor experimentado en química, para que se las analice minuciosa y detenidamente.

Conviene tambien conocer esa capa inferior al suelo vegetal, llamada por esto mismo subsuelo, y cuya influencia sobre la vegetacion suele ser decisiva; si bien por lo comun solo importa averiguar si es permeable ó impermeable. Para procurarse ejemplares del subsuelo, aunque la naturaleza de este no es tan variable como la de la tierra, sin embargo convendrá recoger en cada hectárea, por ejemplo, tres ó cuatro muestras tomadas á 50 centímetros de profundidad, mezclándolas despues para obtener el término medio de su composicion; hecho lo cual se observa, por medio del ácido clorhídrico, si tiene elemento calizo, y como quiera que los diferentes grados de permeabilidad están íntimamente enlazados con la proporcion respectiva de arena y arcilla, se somete una cantidad cualquiera, 10 gramos por ejemplo, al método de lavado y decantacion, secando y pesando la parte mas tenue que pasa por el tamiz, y la que queda encima; de cuya proporcion deducirá el agricultor, si el subsuelo es permeable ó impermeable en absoluto, ó la proporcion con que el agua pasa á su través ó se detiene en él.

Dado ya á conocer el método que nos parece mas sencillo, y adaptable á la índole de la obra, para formarse idea de los elementos constitutivos de la tierra vegetal y del subsuelo, conviene, antes de presentar la clasificacion agronómica adoptada, que expongamos en breves palabras, el modo de obrar el suelo en la vegetacion.

MODO DE OBRAR DEL SUELO EN LA VEGETACION

La accion de la tierra en el desarrollo de las plantas es á la vez química y física. Efectivamente, por una parte suministra á los vegetales en los diversos períodos de su existencia los elementos minerales ó inorgánicos, así combustibles como incombustibles, que entran en su composicion, favoreciendo tambien la asimilacion de ciertos productos gaseosos que lleva suspensos ó disueltos el agua en virtud de las trasformaciones que en su seno se verifican, y por otra la mayor ó menor tenacidad ó porosidad del suelo, su higroscopicidad, su coloracion y demás condiciones físicas ejercen una influencia muy decidida en relacion con las propiedades físicas de la materia. El primer modo de obrar es puramente químico, así como el segundo se relaciona íntimamente con la accion física ó mecánica. En la historia, por cierto muy reciente, de la ciencia agronómica, se nota que alternativamente se ha exagerado uno de estos dos modos de obrar del suelo en detrimento no solo del otro, sino lo que es aun mas sensible, en perjuicio de la agricultura práctica. Por fortuna esto ha venido á ilustrar la cuestion y á ponerla en su verdadero lugar, auxiliada á veces de la experimentacion y de no pocos desengaños.

Reconocido, pues, hoy por todos los agrónomos este doble modo de obrar físico y químico del suelo, veamos en qué consiste su accion y cuáles son sus inmediatos resultados, deduciendo como consecuencia precisa las condiciones físicas y la composicion que deberá reunir una tierra para que pueda considerarse como tipo.

Es principio inconcuso que las plantas necesitan encontrar en el suelo, así como en la atmósfera y en el agua, los elementos de su composicion, privadas como se hallan de la facultad de trasladarse de un punto á otro, cuando en aquel en donde viven no existe lo que necesitan para su crecimiento y desarrollo. Tambien es evidente que no pudiendo los vegetales crear materia, sino organizar la que toman del exterior, con el trascurso del tiempo la fertilidad de una tierra dada disminuye y hasta puede agotarse por completo, si no se le devuelve lo que aquellos consumen. Esto es mucho mas necesario en la época que hemos alcanzado, cuyo carácter dominante consiste en el afan de procurarse á poca costa cosechas abundantes y obtener mas productos que anteriormente en una extension dada de terreno. Y con tanta mas razon debe devolverse al suelo lo que pierde de continuo por el consumo de la vegetacion, cuanto que, como dice con muchísima razon el ilustre Liebig, el obtener productos pingües del suelo á beneficio de un sistema de cultivo que ha de dar por último resultado la esterilidad mas ó menos completa de la tierra, por mas que enriquezca á la generacion actual, no está muy conforme con la sana razon, y hasta podria añadirse que es contrario á los principios de moral, que deben servir de norma á la humanidad.

La tierra vegetal no es inagotable, por mas que la naturaleza próvida concurra por muy diversos y curiosos modos á compensar sus pérdidas, y siquiera sea muy difícil, por no decir imposible, devolverle todas las condiciones de fertilidad que ha llegado á perder por el método de cultivo puesto en práctica. No obstante, una economía bien entendida puede crear, á beneficio de los medios de que dispone hoy el hombre, muchos mas medios de los que hasta el presente se han utilizado.

Para comprender bien este principio, que puede considerarse como fundamental de la ciencia moderna, conviene tener presentes las condiciones que son esenciales á la vida de las plantas.

Estas contienen en su propia organizacion partes combustibles y partes incombustibles. Las últimas representan los elementos constitutivos de las cenizas que aquellas dejan despues de su combustion, siendo los mas esenciales á las plantas cultivadas el ácido fosfórico, la potasa, el ácido silícico, la cal, la magnesia, el hierro y la sal comun. Estos principios incombustibles que se encuentran en las cenizas de las plantas se consideran hoy como absolutamente indispensables á su nutricion y á la formacion y desarrollo de todos sus órganos.

El agua, el amoniaco y el ácido carbónico representan las partes combustibles de los vegetales, igualmente necesarias para su existencia y crecimiento.

Todos estos elementos contribuyen á la organizacion de las plantas durante la vegetacion, siempre y cuando la atmósfera y el suelo ofrezcan á la vez en sus cantidades y relaciones mutuas las condiciones indicadas. De modo que esta accion es recíproca, es decir, que los principios nutritivos contenidos en la atmósfera no conservan la vegetacion sin el concurso de los del suelo, y viceversa, la accion de este es nula si faltan los primeros; unos y otros deben coexistir y obrar en combinacion para que la planta pueda crecer y desarrollarse convenientemente.

Todos los principios nutritivos de las plantas pertenecen en último resultado al reino animal; los gaseosos son absorbidos por las hojas; los fijos por las raíces: aquellos entran á veces en la composicion del suelo y se conducen respecto de las últimas fibras de las raíces lo mismo que con las hojas; ó en otros términos, penetran tambien en el tejido vegetal por las raíces. Los elementos gaseosos son por su propia naturaleza movibles, mientras que los fijos son inmóviles y no pueden trasladarse del sitio que ocupan, á no intervenir una fuerza ó agente extraño.

Ahora bien, sentados estos principios pregunta el célebre Liebig: ¿de qué modo obra el suelo, y qué parte toman en la vegetacion sus diversos principios constitutivos? Veamos cómo se explica este gran maestro en sus últimas cartas sobre la agricultura moderna, para hacer despues la conveniente aplicacion á las diferentes tierras de la provincia.

La nutricion de las plantas se verifica por la asimilacion de la materia alimenticia; decimos que un vegetal crece cuando su masa aumenta, lo cual se verifica cuando se apropia ó trasforma en propia sustancia las materias que toma del exterior. El ácido carbónico produce azúcar; el ácido silícico se encuentra en el tallo; la potasa en la savia; el ácido fosfórico, la potasa, la cal y la magnesia forman parte de la semilla.

El suelo no es pasivo en el acto de proporcionar todas estas sustancias á las plantas, segun pretenden algunos que lo han considerado como una esponja que se empapa y pierde el agua con la misma facilidad; antes por el contrario, una de las propiedades mas notables que le distinguen, al parecer fuera de toda duda, es la de retener los principios nutritivos de las plantas hasta el punto que, segun Liebig, merced á ella las lluvias mas continuadas no pueden privar al suelo de sus condiciones de fertilidad á no obrar de un modo puramente mecánico. Esta propiedad del suelo es tan eficaz, que en vez de ceder al agua que filtra entre sus moléculas los principios alementicios de las plantas, cuando esta los lleva aquel los absorbe de un modo muy activo, dejando al agua las demás materias no nutritivas que lleva en disolucion. Algunos experimentos han confirmado este hecho curioso que demuestra el modo de obrar de la tierra vegetal. Si se vierte una disolucion de silicato potásico, dice Liebig, en un embudo que se haya llenado de tierra vegetal, el agua filtrada apenas contiene algunos vestigios de potasa, y únicamente en determinadas circunstancias arrastra la sílice. Si se disuelve el fosfato cálcico ó magnésico recientemente precipitado en el agua saturada de ácido carbónico, y se hace filtrar la disolucion á través de una poca tierra vegetal, el agua filtrada apenas revela trazas ó vestigios del ácido fosfórico. Una disolucion de fosfato calizo en el ácido sulfúrico diluido, ó de fosfato amónico magnésico en el agua cargada de ácido carbónico, se conduce del mismo modo. Tambien subsisten en la tierra los fosfatos calizos, el ácido fosfórico y el amoniaco de la sal magnésica.

El carbon obra de una manera análoga respecto de muchas sales solubles, de cuya materia colorante y hasta de las sales contenidas en los líquidos se apodera, lo cual ha hecho nacer la sospecha de atribuir la misma como una propiedad que parece ser comun al carbon y á la tierra vegetal. Sin embargo, aquel obra por una especie de atraccion química, por una accion de superficie, mientras que en el suelo sus elementos constitutivos toman parte en la reaccion, la cual es en consecuencia en unos casos diferente que en otros.

Obsérvase tambien, y esto viene á confirmar que en esta accion hay de parte de la tierra una especie de eleccion de aquellas materias mas útiles á las plantas, que cuando se pone en contacto con aquella una disolucion debilitada de cloruro potásico y otra de sal comun ó de cloruro sódico, á pesar de la grande analogía de estas dos sustancias, la disolucion apenas contiene á los pocos momentos casi nada de potasa, mientras que el sodio solo desaparece por mitad. La razon de este hecho singular es que la potasa forma una parte constitutiva de las plantas cultivadas, al paso que la sosa solo se encuentra por excepcion en sus cenizas. El sulfato y nitrato sódico solo ceden al suelo una parte de la sosa que contienen, mientras que el sulfato y nitrato potásico abandonan casi toda la potasa.

Todo esto demuestra ó nos da una idea clara de la poderosa accion del suelo en la absorcion de los tres principios nutritivos de las plantas, los cuales, atendida su gran solubilidad en el agua pura ó cargada de ácido carbónico, no podrian permanecer fijos en el suelo á no hallarse este dotado de la facultad de absorberlos y conservarlos entre sus moléculas.

Sin embargo, la propiedad que tiene el suelo de absorber el amoniaco, el ácido fosfórico y el ácido silíceo en disolucion es limitada, y cada especie de tierra la posee en un grado diferente. Así, por ejemplo, las tierras arenosas en el mismo volúmen absorben menos que las margosas, y estas menos que las arcillosas. Las diferencias en cuanto á la propiedad indicada son tan pronunciadas como la naturaleza de los terrenos. La razon de esto, á pesar de no indicarla el ilustre químico, consiste en los diferentes grados de permeabilidad de dichas tierras, pues se comprende que segun sea el tiempo que las indicadas soluciones permanezcan en la tierra, así esta se apoderará en mayor ó menor escala de los principios que ellas contienen.

De lo anteriormente expuesto se deducen dos consecuencias de la mayor importancia, y son: primera, el gran valor que tienen las propiedades físicas de la tierra vegetal, y la de absorber los principios nutritivos de las plantas; y segunda, que por una apreciacion exacta de aquellas y de estas en particular pueden obtenerse, sin gran dificultad, datos enteramente nuevos para apreciar la calidad y el valor agrícola de las tierras que cultivamos.

La accion que la tierra rica de materias orgánicas ejerce

sobre las soluciones de principios nutritivos, no es menos notable. Así, por ejemplo, un suelo arcilloso ó calizo pobre en detritus orgánicos absorbe por completo la potasa y el ácido silíceo contenidos en una disolucion de silicato de potasa, mientras que la tierra, rica en sustancias orgánicas (mantillo ó estiércol), solo absorbe la potasa y deja el ácido en la disolucion. Este modo de obrar nos recuerda, dice Liebig, la influencia que el detritus orgánico bien consumido en el suelo ejerce en la vegetacion de las plantas dominantes en los prados encharcados y pobres que, como los juncos, las cañahejas y las colas de caballo, necesitan grandes cantidades de ácido silíceo. Sucede en estas tierras que si se las encala aquellas plantas desaparecen para ser reemplazadas por heno de excelente calidad. Hé aquí demostrada, no solo la influencia de la mencionada propiedad de las tierras, sino que, lo que es aun mas importante á nuestro objeto, la gran ventaja de emplear ciertas sustancias por vía de mejoramiento.

Indagaciones análogas demuestran tambien que las tierras de jardin ó de bosque, ricas en mantillo y que no se apoderan del ácido silícico en una disolucion de silicato potásico, adquieren la propiedad de absorberle, si antes de introducir el silicato se tiene cuidado de añadir á la tierra una poca cal apagada; en este caso la potasa y la sílice permanecen en el suelo y ambas sirven en consecuencia al desarrollo de determinadas plantas.

Liebig confirma esta accion tan importante con el resultado de repetidas análisis de las aguas corrientes, de las de manantiales y de aquellas que despues de atravesar la tierra vegetal circulan por los conductos ó tubos cerrados, colocados con el objeto de sanear los terrenos encharcados. Con efecto, en todos estos casos han demostrado los ilustres Graham, Miller, Hoffman, Way, y otros, que el agua arrastra muchas sustancias minerales, menos la potasa, el ácido fosfórico, el amoniaco y la sílice, de las cuales apenas pueden descubrir vestigios ó cantidades muy insignificantes las operaciones mas delicadas.

Si pues el suelo goza de la propiedad de absorber y retener entre sus elementos constitutivos las sustancias alimenticias de las plantas tomándolas del agua y de las combinaciones químicas perfectas en estado de disolucion, no parece probable que el agua pueda á su paso por la tierra robarle á su vez dichas sustancias. Y esta suposicion, inspirada por la influencia tan poderosa como especial del suelo, confirmada por las análisis que acabamos de citar, inclina á Liebig á establecer el principio importante de que no es en forma de disolucion como el suelo ofrece á las plantas aquellas sustancias mas indispensables á su crecimiento y desarrollo, sino que al parecer las retiene el suelo mismo de un modo análogo á la materia colorante en el carbon y al yodo en el almidon yodado, es decir, que permanecen en un estado propio para ser absorbidas por las raices, pero insolubles en el agua de lluvia, la cual no puede arrastrarlas sino en el caso de hallarse el suelo completamente saturado.

De todo lo dicho deduce el químico citado una consecuencia muy importante, á saber: «que las plantas deben »desempeñar un papel muy principal en la absorcion de »sus principios nutritivos, pues como séres organizados su »existencia no depende en absoluto de las causas exterio»res.» Y aunque esto no nos debe sorprender á los partidarios de las fuerzas vitales, sin embargo, una confesion tan explícita en boca de un químico de la reputacion de Liebig, no deja de ser un verdadero acontecimiento.

Si las plantas tomaran su alimento por las raíces del seno de una disolucion, solo podrian absorber las sustancias que en ella se encuentran en razon directa de la cantidad de agua evaporada por las hojas y del tiempo en que esta operacion se verifica; pues sin negar que el agua que atraviesa la tierra en general y la evaporacion que se realiza por las hojas sean auxiliares indispensables de la asimilacion, hay que admitir una especie de fuerza especial que aparta á las raices de todo lo que les puede perjudicar, al paso que les elige aquellas sustancias que pueden serles útiles. Lo que el suelo les presenta no puede penetrar en el organismo sin la cooperacion de una causa que reside y obra en las raices.

Difícil es por cierto, segun esta teoría, que aparece sancionada por los hechos y por los experimentos mas concluyentes, formarse una idea acerca del mecanismo en virtud del cual las plantas disuelven las sustancias minerales; pero el resultado es que esto se verifica, y que lo único que se sabe es que el agua solo es indispensable para acarrearlas hasta el seno de la tierra. Esto no debe ser obstáculo para tratar de buscar hechos y datos que tiendan á determinar la accion del agua en todas estas recónditas operaciones, por mas que haya de prometerse encontrar muchos hechos contradictorios en apariencia. Y tanto es esto así, que Liebig mismo cree que otras leyes distintas deben regir la absorcion en las plantas acuáticas, supuesto que en muchas de ellas el suelo no ejerce accion alguna sobre las raíces, y que al parecer no solo toman los alimentos disueltos en el mismo medio en que viven, sino que hasta pueden escoger aquellos que mas les convienen. Esto, sin embargo, podrá dificultar la cuestion en lo relativo á estas plantas, pero de modo alguno invalida lo anteriormente expuesto, fundado en hechos ciertos y confirmado por análisis y experimentos.

La tierra, pues, proporciona á las plantas los principios fijos ó no combustibles, y además, en virtud de la propiedad que acabamos de expresar, léjos de abandonarlos al agua que penetra por filtracion, los retiene gozando de una especie de eleccion en cuanto á la calidad de los que les son mas útiles y tambien respecto á la cantidad, pues cuando esta es excesiva, en vez de morir de plétora las plantas de una generacion, los dejan para el desarrollo de las que han de sobrevenir.

El agua indudablemente ejerce una influencia muy directa en la vegetacion, si bien con respecto á la absorcion de los principios nutritivos puede considerarse simplemente como el vehículo ó medio necesario para el paso de aquellos hasta el interior de las plantas.

En cuanto á los principios combustibles, proceden, al parecer, del aire y no de la tierra, la cual se enriquece de estas sustancias, así como se empobrece de las fijas con el sucesivo cultivo. En este concepto y en el de que en tanto los abonos son útiles en cuanto el suelo contiene los principios fijos indispensables al desarrollo de las plantas, dice Liebig que aquellos representan en el suelo el capital, mientras que los elementos atmosféricos son el interés del mismo, contribuyendo el uno á obtener recíprocamente el otro. La presencia de estos principios fijos en las plantas no solo es indispensable á su existencia, sino que en ese admirable círculo de armonías que se observan en todos los eslabones de la vida, lo es tambien para la posibilidad de la existencia de los animales, hasta tal punto que si fuera posible que una planta se desarrollara, floreciera y fructificara sin la intervencion de los principios fijos del suelo, tampoco serviria para alimentar al hombre y á los animales.

Ahora bien, supuesto el consumo continuo que las plantas hacen en su crecimiento y desarrollo de los principios fijos que les suministra el suelo, ocurre la duda de si podrá llegar un dia en que por la desaparicion de estos, ó por lo menos de los que necesitan las plantas que hay que cultivar, pierdan por completo su fertilidad los campos. Acerca de

tan vital cuestion no están acordes los hombres mas eminentes; pues mientras Liebig da la voz de alarma proclamando en todos los tonos imaginables que las tierras se esterilizan y que hay que devolverles lo que perdieron, calculando aproximadamente el número de cosechas que hay que prometerse de las circunstancias actuales, y haciendo ver con colores á mi modo de ver sobrado oscuros los tristes resultados de tan punible abandono, por otro Walz y los de su escuela pretenden que nada pierde el suelo que no lo restituya la atmósfera y las rocas subyacentes, y de consiguiente que todos esos temores son exagerados.

Despues de oir á los jefes de ambas escuelas, bien puede asegurarse que en uno y otro parecer hay exageracion; el uno creyendo que la tierra es inagotable respecto de los principios nutritivos de las plantas, y que no hay que llevarle sino cuerpos ó elementos combustibles, y el otro haciendo ver demasiado cercano el dia en que agotada la fertilidad de la tierra y no teniendo de qué mantenerse en ella el hombre, tenga este precision de abandonarla é ir en busca de una patria menos ingrata, dado el caso poco probable de ser esto hacedero.

Efectivamente, los temores de Liebig, si no se califican de pueriles en razon á su gran saber y á la magnitud de la cuestion, bien pueden considerarse como exagerados, pues si la tierra procede de la descomposicion de las rocas que en los diversos países ocupan la superficie, y si esta operacion ó procedimiento es incesante y continuo, es fácil deducir que en esta maravillosa operacion terrestre encontrará el suelo sin cesar una fuente inagotable de sílice, de potasa, de cal, de magnesia, de hierro y de los principios fijos de las plantas. Esto no autoriza, sin embargo, á prescindir del uso de los abonos así minerales como orgánicos, particularmente de aquellos que contribuyen á aumentar la cantidad de dichas materias fijas, pues puede suceder muy bien que el consumo que de algunas de ellas hacen las plantas sea superior á lo que la descomposicion de las rocas les suministra.

Pero si exagerados son, como acabamos de ver, los temores del ilustrado Liebig, la ilimitada confianza que los de la escuela contraria afectan tener ó tienen en realidad en los inagotables recursos de la tierra y en las operaciones incesantes de la naturaleza, conduce á otro extremo altamente perjudicial de abandono que no puede menos de producir fatales consecuencias. Afortunadamente la agricultura práctica, que es la verdadera maestra en estas cuestiones, mayormente si está auxiliada cual conviene por los datos que le suministra la ciencia, se encarga de desmentir ambos extremos, enseñándonos que debemos secundar su accion por medio del trabajo llevando á la tierra aquello que las plantas consumieron, no entregándonos ni á una ciega y absoluta confianza en la Providencia, pues esta decretó que el hombre, desde su primera prevaricacion, gane el pan con el sudor de su frente, ni tampoco á la desesperacion que pudiera inspirar la próxima esterilidad de las tierras.

Por otra parte, siguiendo las doctrinas de Geología agrícola, profesadas por Boubée, hay que confesar que si bien es cierto que las plantas necesitan para vivir, crecer y llegar al término de su existencia de determinadas condiciones físicas, segun veremos mas adelante, y de una composicion dada en la tierra, no es menos evidente tambien que sin que dichas sustancias se encuentren en el suelo en ese estado en que las considera el químico, cuando analiza las cenizas en el laboratorio, las plantas dotadas de una fuerza especial que el mismo Liebig les concede y á beneficio de operaciones recónditas y desconocidas, extraen dichos principios del seno de la tierra, aun de aquellas en que la ciencia no ha podido hasta el presente descubrirlos y demostrar su existencia. Sirva esto de paso para tranquilizar á los que, como Liebig, creen que no está lejano el dia en que la fertilidad de la tierra se agote por completo, y para persuadir á los que adoptan ciegamente las doctrinas exclusivamente químicas, que no es lo mismo hacer un experimento ó análisis en el laboratorio, que conocer á fondo el verdadero modo de obrar de las plantas en la vegetacion.

CLASIFICACION DE LAS TIERRAS

En medio de la multitud de clasificaciones de las tierras ó suelos que se han propuesto en diversas épocas, la mas sencilla y útil en la práctica es la que se funda en la naturaleza de los elementos esenciales á su composicion. Estos dijimos ser la arcilla, la arena, la caliza, la magnesia y el mantillo; de consiguiente, habrá tierras arcillosas, arenosas, etc., segun el elemento que predomina, formando otras tantas clases. En cada una de estas se establecerán tantas divisiones cuantas sean las mezclas que ofrecen mas comunmente. Sobre estas bases establece Girardin la siguiente clasificacion:

- 1.° SUELOS Ó TIERRAS ARCILLOSAS
  - Suelo de arcilla pura.
  - Id. arcilloso-ferruginoso.
  - Id. calizo.
  - Id. arcilloso-arenoso.
    - Tierras fuertes.
    - Id. francas y de Lehm suelto.
- 2.° IDEM ARENOSAS
  - Suelo de arena pura.
  - Id. arenoso-arcilloso.
  - Id. cuarzoso arenoso-granítico.
  - Id. volcánico.
  - Id. arenoso-arcillo-ferruginoso.
  - Tierra de brezo.
- 3.° IDEM CALIZAS
  - Suelo calizo.
  - Id. cretoso.
  - Id. tobáceo.
  - Id. margoso.
- 4.° IDEM MAGNÉSICAS.
- 5.° IDEM HUMÍFERAS Ú ORGÁNICAS
  - Suelo humífero propiamente dicho.
  - Id. turboso y de brezo.
  - Id. pantanoso ó de almarjales.

Las tres primeras clases se refieren á las admitidas por Rojas Clemente en el famoso ensayo sobre las variedades de la vid comun; los suelos arcillosos corresponden á lo que dicho autor llama con los labradores de Sanlúcar de Barrameda *bugeo*; los arenosos á las *arenas* y *barros*, y los calizos á la *albariza* ó *albero*, que en el reino de Valencia se conocen con el nombre de *albaris*.

Aunque pueda considerarse como una quimera el creer en la existencia de tierras que por su composicion y propiedades físicas deban considerarse como tipo de un suelo universal apto para toda clase de cultivo en diversas latitudes y condiciones, debemos, sin embargo, indicar la naturaleza y circunstancias que en general se consideran como esenciales para que una tierra pueda llamarse excelente. En cuanto á su composicion, hé aquí lo que á principios del siglo decian los célebres redactores del *Semanario de Agricultura y Artes*.

	Terreno excelente	Terreno bueno	Terreno malo
Sílice	2	3	4
Alumina	6	4	1
Cal	1	2 1/2	3
Humus	1	» 1/2	»
	10	10	10

El Sr. Desvaux, en su excelente *Tratado de la Marga*, dice que la composicion de una tierra modelo debe ser la siguiente: arcilla de 28 á 34 por 100, sílice de 30 á 32 por 100, caliza de 28 á 32 y mantillo de 7 á 11.

En cuanto á las propiedades físicas deben poseer las siguientes: 1.ª Bastante soltura para que las raíces penetren con facilidad, sin ofrecer mucha resistencia á la plúmula ó pequeño tallo en su tendencia á salir al exterior, y la consistencia suficiente para que la planta pueda resistir á la accion de los vientos. 2.ª La conveniente permeabilidad y determinada aptitud á retener el agua. Esto lo expresó ya de una manera elegante nuestro famoso Herrera, cuando dijo: «Una de las mejores señales para conocer bien la bondad de la tierra, es que conserve por mucho tiempo el humor que recibe;» y mas adelante añade: «Item, es buena señal de tierra la que si se riega ó llueve se pára hueca ó fofa y se torna prieta; que la que se pára con el agua dura, empedernida y blanquecina, no es buena.» 3.ª Ser ligeras y dotadas de la propiedad de absorber y exhalar los gases. 4.ª Ofrecer una profundidad ó espesor conveniente. 5.ª No descansar sobre rocas impermeables. Y 6.ª en cuanto á su posicion puede decirse que en general las mejores tierras son las que ocupan los valles y llanos, como con mucha oportunidad dice igualmente Herrera en la edicion de 1546, pues se expresa en estos términos: «Los valles son mas gruesos que los llanos, los llanos mas que las laderas, porque de las laderas y alturas continuamente se deriva la sustancia á lo bajo, y por eso son mejores las heredades al pié de la cuesta que no en laderas y altos, porque son de mas sustancia.»

Los suelos de esta primera clase, como su mismo nombre lo indica, son aquellos en que predomina la arcilla ó la greda, de consiguiente, sus propiedades serán análogas á las indicadas en la descripcion de dichas rocas.

Estas tierras llevan, por lo comun, los adjetivos de *fuertes*, *frias* y *pesadas:* segun el Sr. Boutelou, uno de los adicionadores de las obras de Herrera, llámanse fuertes ó recias, porque en secándose se endurecen de tal modo, que apenas se pueden labrar: dícense pesadas, porque en estando muy húmedas, son tan tenaces, que forman una especie de masa, y se pegan al arado, necesitándose emplear para labrarlas instrumentos muy fuertes y buenas yuntas; y finalmente, frias porque pierden lentamente la humedad que contienen, y porque su dureza y calidad compacta impide que las penetre el sol, por cuya razon tambien sus frutos son mas tardíos.

Estas breves líneas resumen los caractéres mas importantes de esta clase de tierras, á los que debemos añadir los que indica Clemente como propios del *Bugeo*, que corresponde á esta clase. Estos consisten en que con los calores del verano se producen en él unas enormes hendiduras, por cuya razon es impropio para la cria de viñas. El *Bugeo* ofrece además un color pardo negruzco, y en general, todas estas tierras presentan tintas amarillentas, pardas ó rojizas.

Los ácidos solo atacan á estas tierras en el caso de contener alguna porcion de caliza, como sucede en algunas de sus variedades. El fuego las endurece y hace friables, porosas y en consecuencia mas sueltas.

A esta clase pertenecen indudablemente, las que segun Herrera con el parecer de Plinio, Columela y otros escritores de la antigüedad, son buenas y propias para pan llevar, pues dice que es menester que sean blandas y pegajosas; y que se reconocen mojándolas con saliva ó agua, y observando si se pegan y hacen masa trayéndolas entre los dedos. Pero añade el mismo autor: «esto se entiende en tierras que no sean barrizales ni arcillosas, porque aunque aquellas sean tierras gruesas y pegajosas, por su extrema dureza y sequedad, para llevar pan son inhábiles.» Esto quiere decir que estas tierras son buenas cuando no pecan por sobrado arcillosas.

Las tierras de esta clase admiten con facilidad los abonos, y solo los ceden á las plantas cuando se hallan en gran abundancia; gozan además de la propiedad de retenerlos por mas tiempo, de donde resulta, que si bien se tarda en experimentar los efectos ó resultados de su accion, esta es mas duradera. Para hacer que esta sea eficaz, y con el fin tambien de evitar el que las aguas los arrastren, conviene no abandonar á la superficie los abonos, sino enterrarlos en el suelo, por medio de labores profundas.

Estas y otras circunstancias que omitimos por la brevedad, hacen que las tierras arcillosas se presten poco al cultivo de legumbres y de plantas bulbosas y tuberculosas: tampoco los cereales se dan bien en ellas, sobre todo, si la arcilla está en exceso; por el contrario, son muy á propósito para habas, berzas, trébol y trigos de otoño. Los árboles de estas tierras crian madera poco sana y de escasa resistencia.

En España, segun Rojas Clemente, la higueruela, la cepilla, la sulla y la viznaga, apetecen tierras fuertes; mientras la berenganilla, el cardo de la uva ó abejero y la *lactuca siliqua*, crecen indistintamente en el bugeo y en la albariza. La vid, á beneficio del agua de riego, puede criarse en aquel; pero Clemente proscribe esta práctica, pues dichos terrenos son mas á propósito para los cereales (1).

Veamos cuáles son las principales variedades de tierras arcillosas.

Cuando la arcilla aparece mezclada con algun óxido de hierro toma diferentes tintas rojas, negras ó amarillentas. Las primeras constituyen en general buenas tierras, por cuanto el hierro no solo las hace algo esponjosas, sino que sirve en ellas como estimulante de la vida de las plantas: las segundas ó negras son poco á propósito para el cultivo: por último las terceras ó amarillas son casi improductivas á no aplicarles mucho abono.

Cuando estas tierras llevan una parte notable de carbonato de cal, que se conoce por la efervescencia que hacen tratadas por los ácidos, y además afectan la forma de arenas ó grava, se asemejan mucho á las arcilloso-arenosas; si por el contrario, el elemento calizo se presenta pulverulento ó de tamaño muy fino, resultan las arcilloso-margosas, en las que por razon de la gran permeabilidad que las distingue, y de la facultad retentriz del agua que poseen en alto grado, en tiempos lluviosos se pierden las cosechas. El alforfon ó trigo negro, las patatas, los nabos, la algarroba y el trigo, son las plantas que mejor se dan en esta tierra.

Cuando la arcilla va mezclada de arena en cierta proporcion, constituye las tierras arcilloso-arenosas, conocidas en agricultura bajo la denominacion de tierras *fuertes* y *francas*. Las primeras contienen mayor cantidad de arcilla; tienen mucha analogía con las arcilloso-calizas, y como ellas son costosas de labrar y poco productivas.

En las tierras francas entra además la caliza en cantidad desde 10 hasta 30 por 100; de manera que reuniendo los tres elementos esenciales á la composicion de las tierras en proporcion conveniente, puede decirse que son buenas, y que raras veces habrá que echar mano en ellas de los mejoramientos.

Las tierras arenosas ó silíceas son aquellas en que la

(1) Segun los redactores del «Semanario de Agricultura y Artes,» cuando estas tierras se hacen pantanosas, deben destinarse á montes tallares de fresnos, alisos y de toda clase de sauces, que á los 20 años rinden ya buen producto en la Península.

arena predomina, comunicándoles en consecuencia caractéres opuestos á los de las anteriores, por cuya razon se conocen en la práctica con los nombres de tierras *ligeras* y *cálidas*.

El color blanquecino, amarillento ó pardusco; el tacto áspero ó arenoso; la ninguna trabazon entre sus moléculas; su gran porosidad y permeabilidad, y la prontitud con que se calientan en verano, son las principales propiedades y condiciones físicas que las distinguen, y que imprimen en ellas un sello particular.

A los pocos minutos de desleir un puñado de esta tierra en el agua deja un poso considerable de arenas, que pueden separarse con facilidad por medio del lavado y por decantaciones repetidas.

Cuando son esencialmente arenosas, es muy difícil resguardarlas de la accion de los vientos, por cuya razon suelen cambiar todos los años de aspecto, como hace notar con oportunidad Clemente.

Respecto de las plantas espontáneas mas comunes en estas tierras, Herrera decia ya en su tiempo que los *encina, les suelen por la mayor parte en tierras arenosas nacer* y á continuacion añade: *onde nacen el romero y berezo, suelen ser tierras las mas veces livianas y aun del todo para pan estériles.* La experiencia, sin embargo, no da siempre la razon á este principio, pues por lo que toca al romero se encuentra en la costa de Cataluña, Valencia, Murcia y en otras partes, en tierras muy buenas para cereales.

Rojas Clemente dice que en Andalucía no se cria mal la vid en los barros y arenas, aunque siempre sus productos son menores y de gusto menos sabroso que en las albarizas.

Entre las plantas cultivadas en grande en las tierras arenosas, la patata ocupa el primer lugar; siguen los forrajes de mielga y trébol y particularmente de la primera; pues en razon á la longitud de sus raíces, teme poco la natural sequedad de estas tierras.

Entre los árboles para sotos, el álamo blanco, el ojaranzo, el castaño y la encina, si las arenas son finas y de mucho fondo. El cultivo, empero, de estas especies solo debe intentarse despues de preparar el terreno por algunos años, por medio de plantaciones de juncos ó de otras especies sobrias que contribuyen á mantener la humedad, y á suministrar con sus despojos un mantillo excelente.

Los bosques ú oquedales en estas tierras deben ser del pino marítimo, del de Escocia, del álamo blanco, del castaño y del cerezo, plantas que se crian bien en ellas.

Pasemos ahora al exámen de las diferentes variedades de esta segunda clase.

Estas tierras solo difieren de las francas ó arcilloso-arenosas por el mayor predominio que en ellas adquiere la arena, por cuya razon se distinguen por el tacto áspero característico de este estado de la sílice. Las arenisco arcillosas que pasan á las francas por tránsitos insensibles, son sin disputa alguna las tierras mas fértiles y las mas fáciles de trabajar por la soltura de sus materiales y por reunir en el grado mas conveniente la permeabilidad y la propiedad absorbente y retentriz del agua y de los gases. A esta variedad de tierras areniscas pertenece el Lehm del Diluvium y las llamadas de aluvion, en especial las sujetas á inundaciones, pues por este medio se cubren de una capa de arcilla mezclada con arena y muchos restos orgánicos que les comunican las excelentes cualidades que las distinguen. Las famosas tierras del Egipto, resultado de las inundaciones periódicas del Nilo; las de la huerta de Valencia, Gandía, Murcia, y gran parte de las vegas de Granada, Sevilla y otros puntos de Andalucía, corresponden á esta especie de tierras.

Las gramíneas, el trébol y gran variedad de yerbas crecen espontáneamente en ellas; y entre las plantas cultivadas, el trigo, y en general todos los cereales son los mas apropiados, y los que rinden mejores productos sin necesidad de mejoramientos de ninguna clase; en cuanto á los abonos puede asegurarse que todos les convienen, en particular los orgánicos.

La segunda variedad de tierras areniscas es la llamada cuarzosa, por cuanto predomina el cuarzo, aunque tambien entran en ellas la caliza, la arcilla y otras sustancias. Estas tierras, segun el tamaño de los fragmentos reciben los epítetos de pedregosas, guijosas y de grava; siempre ofrecen gran analogía en sus caractéres, y se distinguen además en ser poco aptas para el cultivo, y trabarse con dificultad. Por otra parte son muy cálidas en verano, por cuya razon solo conviene plantar en ellas la vid y los árboles y arbustos de raíces largas.

A veces el suelo consta exclusivamente de arenas cuarzosas, constituyendo una tierra suelta y sin trabazon alguna, como en los médanos y en el desierto. Aunque en general son poco á propósito para el cultivo, se puede, no obstante, sacar algun partido de dichas tierras, á beneficio de la humedad combinada con los mejoramientos y abonos. De ello nos dan buen ejemplo los oasis en los desiertos, y el resultado de las plantaciones de pino silvestre y marítimo que se han ensayado en varios puntos para impedir la marcha invasora de los médanos hácia el interior de los continentes. El cedro tambien se cria en esta clase de tierras.

La tercera variedad es la formada por las tierras graníticas compuestas de arena arcillosa, resultado de la destruccion y descomposicion de las rocas cristalinas. A esta especie de terreno, cuya fertilidad siempre suele ser escasa, pero que varía segun la proporcion del feldespato, ó por mejor decir, de sosa ó potasa que encierra, pertenece la region que el señor Cutanda llama en la provincia de Madrid del olivo, en la que se cultiva el olivo, la vid, y la variedad de árboles que tanto hermosean con su vegetacion los celebrados jardines y bosques de Aranjuez. Las tierras de los alrededores de la córte están representadas por las de este grupo, pertenecientes á la época del diluvio, caracterizadas por esas arenas sueltas, ásperas al tacto, tan permeables, secas y ardientes, que en muchos puntos en junio ya se presentan todas las plantas anuales enteramente agostadas.

En esta tierra se crian bien el centeno, los guisantes, las patatas, los árboles siempre verdes, y en especial el castaño; la vid suele rendir mucho y excelente vino, como se nota en los celebrados de Borgoña en Francia.

La cuarta variedad es la de las tierras volcánicas, que seguramente son las mas fértiles en virtud de su composicion, en la que predomina la sosa y la potasa resultado de la destruccion de las rocas feldespáticas, tan abundantes y características en dichos terrenos. Tambien las distingue el color negro ó las tintas oscuras, y la especie de esponjosidad y soltura de que gozan, á beneficio de las cuales se calientan mucho y absorben y retienen con avidez el agua y los gases indispensables á la nutricion de las plantas. La abundancia en ellas de ácido carbónico, principalmente en las inmediatas á volcanes en actividad, no deja de contribuir poderosamente á la proverbial riqueza de estas tierras, que si se las puede regar en verano, excede á toda ponderacion, como he visto en los alrededores de Nápoles, en las faldas del Etna, y en otros puntos de Sicilia, y tambien de Auvernia.

En general estas tierras no suelen contener, ni necesitan tampoco muchos abonos orgánicos, así como, en general, para conservar su riqueza no hay necesidad de echar mano de los mejoramientos; antes por el contrario, esparcida su

materia sobre otras tierras, las fertiliza de un modo admirable. En nuestra Península, en donde abundan los productos volcánicos, es un deber indicar la utilidad de su uso para mejorar las condiciones agrícolas de mucha parte de su territorio, siempre á condicion de que el trasporte sea económico, pues de lo contrario no trae cuenta usarlos.

Muchas son las plantas que espontáneamente viven en estas tierras; entre las cultivadas figura la vid en primer lugar, pues parece ser la planta predilecta, no solo por la abundancia, sino tambien por lo exquisito de sus productos; así es que el celebrado vino *Lacrima Christi*, en el Vesubio, la malvasía de Stromboli y del Etna, el Tokay de Hungría, el del Rhin, y otros que gozan de gran reputacion, proceden de tierras volcánicas. Los cereales, el castaño, el pino, y cuando lo permite la latitud y el clima, el naranjo, el olivo, el algarrobo, y hasta el algodon, como hemos podido observar en las faldas del Etna y en las del Vesubio, en los alrededores de la famosa Pompeya, rinden tambien excelentes y abundantes productos.

Las tierras de la quinta variedad, en general, son áridas y poco aptas para el cultivo, por la abundancia del peróxido de hierro que les comunica los colores oscuros, y en especial el rojo subido, y por la tendencia que ofrecen á aglomerarse, formando especies de pudingas compactas. El mejor partido que se puede sacar de ellas, contando con las condiciones climatológicas y de latitud, es destinarlas á plantaciones de castaños y álamos blancos.

La sexta variedad consta de tierras que generalmente se las conoce con el nombre de brezales ó tierra de brezo, por la abundancia de los restos de esta planta que en ellas se encuentran. Se componen, en general, de una mezcla de arenas mas ó menos sueltas, por lo comun silíceas, y de mantillo, en proporciones muy notables, resultado de los despojos de brezos, genistas, helechos, rododendros, y otras plantas, cuya presencia puede servir para reconocerlas. La abundancia en hierro y tanino que se nota en estas plantas comunica el mismo carácter á las tierras. A la abundancia del mantillo deben los colores oscuros que ofrecen, siendo además de tacto áspero, muy permeables y cálidas; razon por la cual, si bien son pobres y escasas en vegetacion, como se observa en las landas, se destinan con gran éxito en calidad de abono y de mejoramiento á los jardines y á plantas de estufa. Esta tierra abunda en los grandes bosques, en donde, por razon de la sombra que dan los árboles, conserva mas la humedad, es menos cálida, y reune mejores condiciones para la vegetacion.

Como complemento al estudio de las tierras arenosas, véase el siguiente cuadro, copiado de Girardin.

CUADRO DE LA COMPOSICION DE ALGUNAS TIERRAS ARENOSAS

A—TIERRAS ARENOSO-ARCILLOSAS			B—TIERRAS DE BREZO		
Tierra labrantía de los bordes del Nilo	Aluviones del Loire	Tierra de Lieuvain (alta Normandía) primera calidad	De las Landas de Burdeos en cestas	De Meudon, empleada en el Jardin de Plantas (Paris)	De Sanois, empleada en los jardines para flores
Sílice 47,39	Arena silícea.. 32	Arena silícea muy fina.. 50,0	Arena silícea fina.. . . . 83,0	Arena silícea 62,0	43,80
Alumina. . . 32,10	Arena caliza. . 11	Alumina. . . 16,0	Restos orgánicos de algun tamaño. 1,0	Restos vegetales de algun tamaño. 20,0	13,25
Peróxido de hierro. . . 11,20	Arcilla. 31	Caliza.. . . . 12,5	Mantillo. . . 9,0	Mantillo. . . 16,0	31,70
Carbonato y crenato de cal. 2,02	Caliza.. 19	Agua.. . . . 12,0	Arcilla. . . . 6,0	Caliza.. . . . 0,8	7,10
Manganeso.. »	Restos vegetales. 7	Mantillo. . . 2,5	Cal. 0,5	Materias solubles en agua fria. . 1,2	1,10
Materia vegetal. . . 6,90		Sales y fibras vegetales. . 7,0	Oxido férrico. 0,5	Hierro. . . . »	0,13
				Cuerpos extraños aparentes.. . . »	2,92
99,61	100	100,0	100,1	100,0	100,00

Como apéndice á las numerosas variedades de tierras silíceas, conviene describir la indicada por el Sr. Clemente en sus adiciones al Herrera y en su *Ensayo sobre la vid*, reputada por dicho autor, como la mas á propósito para el cultivo de esta planta. La tierra á que se refiere Clemente, es la que procede de la descomposicion de las pizarras arcillosas que, segun él dice, por su estructura en hojas, es la mejor para empapar y retener la humedad de la tierra y la del ambiente, y la que acude con mas oportunidad á satisfacer con ella las exigencias de la vid. La arcilla y el hierro, continúa este naturalista, que concurren á su formacion en cantidad considerable, contribuyen tambien muy poderosamente á la vida del vegetal y á la perfeccion del fruto, atrayendo y fijando el humor y el oxígeno, para cederlo últimamente en beneficio suyo. El poco coste de las labores, que no pueden ser generalmente ni es menester que sean muy profundas, ni demasiado frecuentes, ni pesadas, la bondad eminente del mosto y otras ventajas que posee, aseguran á la pizarra arcillosa, cubierta de su propio detritus ó desecho, el lugar que le señalamos y le conceden varios pueblos extranjeros entre los terrenos predilectos de la vid.

Estas tierras, á las que deben su superioridad los vinos de Cariñena (Aragon), los del Priorato (1) (Cataluña), muchos de los de Granada y la mayor parte de los de Málaga, se distinguen de los barros y arenas por la proporcion en que contienen la sílice, dominando siempre sobre los demás elementos, pero que nunca llega á componer la mitad de su masa; y por la tenuidad ó sutileza de las partículas de casi

(1) Segun el Sr. Mestre, pertenecen al terreno silúrico, aunque algunas proceden de la descomposicion de pórfidos, á cuyos detritus llaman en el país Llacurell.

toda ella, tan íntimamente incorporadas, que solo por medio de los reactivos pueden separarse y distinguirse.

La importancia de estas consideraciones en un país como el nuestro, en que tanto abunda la roca que sirve de base á esta variedad de tierras, nos ha movido á copiarlas textualmente del célebre naturalista valenciano.

Como su mismo nombre lo indica, las tierras calizas son aquellas en que predomina el carbonato de cal. A esta clase pertenece la llamada en Andalucía albariza y alberos, y en Valencia albaris, cuyos caractéres ha descrito de un modo tan claro y exacto el escritor que acabamos de citar.

Su color es blanco, mas ó menos amarillento, de aspecto mate, de estructura fino-térrea, blanda, opaca, algo suave al tacto, y destiñe mucho. Cuando se la introduce en el agua despide muchas burbujas de aire con algun ruido, hasta que se empapa y empieza á enturbiarla; muy esponjosa y absorbente, lo cual hace que sea fresca y que no se apelmace ni abra resquicios; cualidades, segun Clemente, que le aseguran una superioridad decidida para plantíos de vides. La mayor parte del viñedo de Sanlúcar, de Jerez y Trebujena, está plantado sobre colinas de albariza.

Además, la poca adherencia y su mucha friabilidad, el carácter seco y ardiente, la prontitud con que se deslien en el agua y la efervescencia viva que hacen cuando se les echa alguna gota de vinagre, son otros tantos caractéres para distinguirlas.

Estas tierras consumen con prontitud los abonos orgánicos, por la causticidad de la cal, siendo esta la razon de llamárseles *ardientes*. El cultivo en ellas requiere la renovacion frecuente de abonos.

La planta que conviene mas á estas tierras es el pipirigallo para prados artificiales. La vid se cria muy bien en ellas, como se nota en Andalucía, Valencia, Cataluña y otras partes, siendo exquisitos sus vinos, como lo atestiguan los de Jerez, Alicante, Benicarló y el famoso de Champagne en Francia. Entre los árboles se dan bien en la Península el algarrobo y olivo, y los bosques de encinas, pinos y nogales, que adquieren gran lozanía, sobre todo en la parte nordeste de la provincia de Castellon, en el territorio del antiguo Maestrazgo de Montesa.

Estas tierras ofrecen pocas variedades.

La primera es la compuesta de arenas calizas, que solo se distinguen de las de arenas y guijos silíceos, en que con el tiempo se convierten en suelos pulverulentos, casi siempre mezclados con algo de arcilla, que es lo que les da algun valor.

La segunda variedad, formada por las tierras cretosas, se distingue por el color blanco, y por ser esponjosas y absorbentes hasta el punto de hacerse enteramente estériles ó muy pobres cuando el subsuelo ó roco subyacente es permeable. A pesar de esto, todavía crece en ellas la vid, si bien en algunas partes su cultivo es bastante costoso. En España el terreno cretáceo casi siempre está formado de capas alternadas de caliza y marga, ó de caliza y arcilla con algunos bancos de areniscas, circunstancia que da á sus tierras bastante fertilidad; cultívanse en ella la vid, el algarrobo, el olivo, los cereales y toda clase de verduras y legumbres, siendo excelente el método de rotacion en las cosechas.

La tercera variedad está representada por las tierras de toba caliza ó travertino, poco fértiles en general, sobre todo cuando la roca está desnuda, pues su estructura no permite fácilmente la penetracion del agua ni la absorcion de los gases, tan necesarios para las plantas. Cuando está mezclada con alguna porcion de arenas ó arcillas, y se la ayuda con abonos orgánicos, suele convertirse en tierra bastante productiva, siendo muy á propósito para la vid.

La cuarta variedad de tierras calizas es la formada por las margas; en general son poco productivas, pues cuando domina la caliza adquieren las malas cualidades de las cretosas, y cuando no, las de las arcillosas. Sin embargo, sus materiales pueden considerarse como uno de los mejoramientos mas excelentes que se emplean en la agricultura, como veremos mas adelante.

Las tierras de esta clase son aquellas en que la magnesia entra en proporcion notable; por lo comun todas las tierras son algo magnésicas, y la presencia de aquella, generalmente en estado de carbonato, no les es favorable, atendidas las propiedades que la distinguen, como se dijo mas arriba. Cuando la proporcion es mayor y el carbonato de magnesia se combina con el de cal, constituye la Dolomia, cuyas tierras son muy parecidas á las calizas puras.

La efervescencia lenta que estas tierras hacen cuando se las trata con los ácidos, y el tacto algo arenoso y áspero, las caracterizan y sirven para distinguirlas. A pesar de la creencia general de que la magnesia constituye ó determina la esterilidad en las tierras, esto no es exacto, debiendo atribuirla mas bien al estado consistente que suelen ofrecer estas tierras y á la falta de abonos.

Combinadas ó mezcladas estas tierras con sustancias calizas, con la creta, con marga y con cenizas vegetales, suelen ser bastante fértiles.

Los restos vegetales y animales, se encuentran en proporciones notables en muchas de las tierras que acabamos de describir; pero en algunos puntos, y particularmente en los valles, en las lagunas que forman parte del aparato litoral, en las depresiones que se encuentran en lo alto de muchas mesetas, se acumulan á veces en tan gran cantidad, que imprimen un carácter especial á las tierras que por esta razon reciben el nombre de humíferas ó suelos de base orgánica. Los restos orgánicos, unas veces son solubles, otras insolubles y ácidos, y de aquí la division en tierras propiamente humíferas y en suelos turbosos y de brezo. A estas dos variedades habrá que añadir otra representada por las tierras de las lagunas salobres inmediatas á la desembocadura de los grandes rios, en las que los restos animales y de productos marinos les comunican un carácter particular.

La primera variedad está representada por las tierras ricas en mantillo, que en general ocupan los valles ó las grandes depresiones, por efecto del acarreo y depósito de las sustancias que entran en su descomposicion. El mantillo que se emplea en los jardines es el mejor tipo de esta especie.

Las tierras humíferas se distinguen por el conjunto de caractéres asignados al mantillo (pág. 393); de consiguiente excusamos entrar en repeticiones. Compuestas casi exclusivamente de materiales orgánicos descompuestos, convienen mejor al cultivo de jardines y plantas textiles, como lino, cáñamo, etc., que á los cereales, que adquieren sobrado desarrollo en la parte caulina y foliar en perjuicio del grano. Mezcladas con calizas, arena, y mejor con arcilla, adquieren mayor consistencia y son aptas y muy favorables para toda clase de cultivo.

La segunda variedad comprende la turbosa ó la turba misma y la tierra de brezo, pero como esta última la describimos ya entre las tierras areniscas humíferas, nos limitaremos á hablar de las primeras.

La turba ya dijimos ser el primer término de la serie de los combustibles de orígen orgánico que se está formando en la actualidad á expensas de las plantas acuáticas ó pantanosas que se crian en los lugares húmedos, en el fondo de los valles, en la desembocadura de algunos rios, y tambien en las mesetas de determinadas cordilleras de montañas. Los caractéres que asignamos tanto á la roca como á la formacion

servirán para distinguir estas tierras. En general, solo se notan en ella las plantas, que por su muerte y fosilizacion se convierten en turba, siendo impropia para las demás, á menos de mejorar sus condiciones, desecándolas primero y aplicándoles despues las sustancias arcillosas que le dan consistencia, y materias calizas con que poder neutralizar la accion de los ácidos acético, fosfórico y tánico, cuyo predominio es causa de su esterilidad. Todas estas circunstancias hacen que las tierras turbosas se destinen mas bien á la explotacion del combustible que al cultivo, pues este exige demasiados gastos. Sin embargo, preparadas del modo que acabamos de indicar, se hacen aptas para plantas de raíces fuertes y para la cebada y la avena que rinden mucho. Lo mejor es destinarlas á prados como se practica en Escocia y Holanda, haciendo una sola siega de la yerba, dejando podrir ó convertir en nueva turba la segunda cosecha.

La tercera variedad es la tierra de las lagunas que existen en el aparato litoral de muchas costas, las cuales si por una parte los diques naturales ó artificiales las ponen al abrigo de la influencia directa del mar; y por otra los aluviones sucesivos que forman los deltas ó alfaques las rellenan ó ciegan por completo, resultan tierras muy ricas en tarquin ó cieno de trasporte y en materias azoadas, procedentes de las irrupciones de las aguas del mar, que tambien depositan gran parte de sal comun. En algunos puntos estas tierras han merecido un nombre especial como el de pólder, en Holanda, cuya fertilidad, en especial para el cultivo de la rubia, planta tintórea, es proverbial.

Cuando estas tierras se hallan vírgenes, es preciso empezar su explotacion plantando vegetales alófilos, como las salicornias, las salsolas, las salgadas y otras plantas barrilleras, con el objeto de ir depurando el terreno del exceso de sal comun que contienen. Los pastos que se crian en estas tierras gozan de gran reputacion para engrasar animales.

ARTICULO II

MEJORAMIENTOS Y ABONOS

De lo expuesto hasta aquí se deduce, que la tierra vegetal necesita cierta proporcion en sus elementos componentes; un conjunto de condiciones físicas, y la presencia de determinadas materias que son los verdaderos alimentos de las plantas. Cuando el hombre tiene la fortuna de hallar una tierra modelo que reuna todas estas condiciones, le basta sacar de ella todo el partido posible, ayudándola empero con abonos y labores. Pero como esto no es lo comun, y sí el que falte en los suelos alguna de estas circunstancias, ó bien que por el consumo continuo que hacen las plantas, les vaya faltando alguna de las materias que mas influencia ejercen en la vegetacion, veamos de qué medios puede valerse el agricultor para adaptar sus tierras á determinados cultivos, corrigiendo estos defectos. Verdad es que los fenómenos de la vegetacion no dependen solo de las condiciones físicas y de la accion química del suelo, como ya se demostró en la Geografía botánica; todos los elementos que determinan los climas ejercen igualmente una influencia muy poderosa; y como quiera que en la mayoría de los casos el hombre no alcanza á poder corregir ó modificar la mala influencia de estos, debe por lo menos atender á contrarestarla mejorando las condiciones físicas de las tierras, y estableciendo el conveniente equilibrio en aquellos elementos que debe contener el suelo, y que contribuyen directa ó indirectamente al desarrollo de los vegetales que desea cultivar.

Cuando el agricultor modifica las condiciones físicas de la tierra con el fin de apropiarlas á determinados cultivos, se dice que las mejora y reciben el nombre de mejoramientos todas las operaciones conducentes á este fin, así como las materias que para ello emplea. Cuando solo se propone suministrar á las tierras las materias de naturaleza orgánica ó inorgánica que escasean en el suelo, ó que no poseen en la debida proporcion para la nutricion y desarrollo de las plantas, se dice que las abona, y reciben el nombre de abonos las sustancias de que se sirve para lograrlo. De aquí la division de este artículo en dos secciones; la primera destinada á los mejoramientos, la segunda á los abonos.

SECCION PRIMERA

MEJORAMIENTOS

Bajo el nombre de mejoramientos se comprenden todas las operaciones que practica ó puede practicar el agricultor con el fin de mejorar las condiciones físicas de las tierras que cultiva ó que desea aprovechar, y tambien las sustancias de que para ello se puede servir.

Las plantas necesitan la intervencion del agua y del aire, así al exterior como en el seno de la tierra misma; pero se necesita que estos elementos obren dentro de determinados límites, mas allá de los cuales se convierten en agentes destructores. Así es, que cuando hay exceso de humedad, ó el terreno se halla encharcado y pantanoso, se mejorará desecándolo, por los medios que la Agronomía prescribe. Si, por el contrario, el terreno es muy seco, el establecer un sistema conveniente de riego será tambien un mejoramiento, con la circunstancia de suministrar á las plantas uno de sus principales alimentos.

Cuando la tierra por su sobrada consistencia se apelmaza ó cubre de una capa dura que impide la ventilacion ó la circulacion del aire, elemento indispensable á la vida de las plantas, todas las operaciones que tiendan á darle soltura y á dejar expedito el paso á aquel agente, poniendo por otra parte á la tierra en contacto con la luz, con el calor solar, etc., son verdaderos mejoramientos.

Con frecuencia se observa que el suelo contiene con exceso cualquier materia, que aunque necesaria para las plantas, es perjudicial por la cantidad; en este caso todo lo que tienda á hacer desaparecer esta desproporcion será un mejoramiento. Otras veces un suelo de mala índole descansa sobre un subsuelo ó roca subyacente, cuyas propiedades son capaces de corregir los defectos de aquel; en este caso el desmonte por medio de cavas profundas, y la mezcla de ambas, deberá considerarse como excelente mejoramiento. Rojas Clemente, en su adicion al Herrera, dice respecto de esta materia: «Conviene ahondar la labor y sacar tierra nueva á la superficie, cuando los lechos ó capas inferiores son capaces de fertilizar el terreno y vice-versa.»

Cuando las tierras son demasiado ligeras ó livianas, ó por el contrario, sobrado fuertes y apelmazadas, si el agricultor no encuentra en el subsuelo ó en la roca subyacente los materiales capaces de contrarestar las mencionadas cualidades, tiene que valerse de sustancias que se hallan mas ó menos distantes; á estas se las llama tambien mejoramientos de trasporte, por ser este el medio de llevarlas hasta la hacienda ó cortijo.

Veamos en cada uno de estos casos cuáles son los medios y los materiales mas apropiados para mejorar las condiciones físicas de la tierra vegetal.

1.°—*Saneamiento de las tierras*

Las tierras pueden llegar, respecto de la humedad, hasta el extremo de encharcarse ó de hacerse pantanosas por una

de las tres causas siguientes: 1.° Por remansos subterráneos, como dice Clemente, efecto de la existencia en el fondo de una llanura ó valle cerrado de capas impermeables horizontales ó de escasa pendiente. 2.° Por la configuracion del suelo, y por la posicion de la capa exterior cuando está rodeada de puntos ó vertientes mas altas, particularmente si algunas reunen la circunstancia de ser poco ó nada permeables. Y 3.° Por la existencia de una corriente superior en nivel al de la tierra inundada ó sumergida.

El medio mas seguro de corregir las malas cualidades de un terreno así constituido es el de terraplenarlo, ora valiéndose de los materiales que llevan las aguas corrientes que se hacen acudir á los lugares pantanosos, como ya dijimos al tratar de las causas actuales de la accion de las aguas, bien por el trasporte de otros materiales de que puede echar mano el hombre. Sin embargo, estos medios son en general demasiado costosos, y solo los puede emprender un gobierno benéfico, ó una sociedad con los poderosos recursos de que puede disponer, cuando tiene celo por el bienestar de los pueblos agrícolas. El propietario se ve obligado á valerse de otros recursos para esto mismo en pequeña escala.

Cuando al encharque del suelo depende de remansos subterráneos por la existencia de una capa impermeable en el fondo, pueden ponerse en práctica dos medios, y son: 1.° Hacer que las aguas suban á la superficie, descartándose despues de ellas, si la pendiente y demás circunstancias topográficas y geológicas lo permiten, y 2.° De no ser esto hacedero, abrir un pozo absorbente en la parte mas baja hasta atravesar la capa impermeable. En el primer caso se abren zanjas trasversales, bastante anchas para contener las aguas subterráneas en comunicacion con una central, siguiendo el mayor diámetro de la region. Despues, por medio de la sonda, se perfora el terreno en diversos puntos, dentro de las zanjas mismas, con lo cual se consigue dar salida á las aguas subterráneas llenando las acequias ó azarbes.

Hecho esto, y aun en el caso de no poderse realizar el medio anterior, para descartarse de las aguas subterráneas ó superficiales se observa si el terreno del nivel inmediato permite ó no darles salida. En el último caso, se echa mano de un pozo inverso para lograr el objeto. Para ello se escoge el punto mas bajo del terreno pantanoso, y en él se abre una excavacion de forma cónica de 5 metros próximamente de diámetro en la parte superior, y que vaya en disminucion. Esta excavacion debe llegar hasta los 6 metros, á cuya profundidad se abre el pozo absorbente, por medio de la sonda. Se ajusta á este conducto una entubacion de madera, y á fin de evitar la obstruccion del tubo, se cubre con ramas de espino ó de aliaga, y se cubre con una losa, descansando sobre otras dos laterales, rellenando por fin la excavacion con piedras ó chinas de algun tamaño.

Para que las aguas se dirijan hácia el pozo absorbente ó sumidero, hay que dar cierta pendiente ó ligera inclinacion á las zanjas, en cuyo centro se abrió aquel. Tambien conviene otras veces empezar por abrir, primero el pozo, despues las zanjas, y por fin las perforaciones del terreno en ellas mismas.

Cuando las aguas se encharcan por ser inferior el nivel del terreno que ocupa el pantano al de las tierras que le rodean, y por el consiguiente remanso de las vertientes próximas, si la extension de aquel es escasa, menos de una hectárea, por ejemplo, bastará abrir en el punto mas bajo un pozo absorbente, bajo las mismas bases que el que acabamos de indicar.

Si el pantano es mas extenso, conviene primero levantar un dique á su alrededor que impida el remanso de las aguas que proceden de las partes altas. Este murallon conviene hacerlo con materiales impermeables, pudiendo servir para ello la tierra misma que se se extrae del foso de circunvalacion interior, que se abre con el fin de resguardar á aquel; teniendo cuidado de que la base del dique descanse sobre la capa impermeable, pues de lo contrario, las aguas exteriores filtrarian por debajo é inutilizarian completamente todos los trabajos.

Hecho esto para deshacerse de las aguas que permanecen en el interior, bastará estudiar la pendiente de la cuenca y darles salida al exterior, ó hacer que las reciba un pozo absorbente.

Por último, cuando los terrenos se encharcan por la proximidad de una corriente de nivel superior, y por la consiguiente filtracion, los medios que el hombre puede adoptar para sanearlos son los mismos que los que acabamos de indicar.

Todas estas operaciones conviene hacerlas durante el verano, por razones bien obvias y al alcance de todos.

Los datos que, aunque someramente, acabamos de apuntar acerca de los diferentes medios de sanear los terrenos encharcados, ofrecen un interés muy directo para nosotros, en atencion á las vastas regiones que como los alfaques del Ebro, los almajares de Torreblanca, Oropesa y Almenara, las lagunas Altas, Grande y Salada, junto á la villa de Pedrera (provincia de Sevilla), y otras marismas semejantes, se encuentran hoy en idénticas circunstancias á las que hemos supuesto en los ejemplos citados; siendo otros tantos focos de infeccion y de desarrollo de enfermedades de mala índole, al propio tiempo que se priva al país de terrenos preciosos para el cultivo.

Antes, pues, de proceder á estas operaciones, que tantos beneficios han de proporcionar al país y al Estado, conviene estudiar detenidamente la constitucion geológica y las circunstancias orográficas de la comarca para poderse dar razon de la causa ó causas que motivan el encharque, y para aplicar en consecuencia el medio que mas directa y económicamente conduzca al resultado apetecido.

La humedad no solo es perjudicial á las plantas en los casos extremos que acabamos de señalar, en los que las aguas llegan hasta el punto de constituir verdaderas lagunas ó pantanos, sino tambien cuando excede de la que necesitan las plantas para su existencia y desarrollo.

Al agricultor le conviene, por consiguiente, deshacerse del sobrante; llamándose mas propiamente saneamiento de las tierras á todas las operaciones que pone ó puede poner en práctica con este fin.

Dos son los medios de que generalmente se echa mano para lograrlo, y son: 1.° abrir zanjas ó excavaciones á cielo abierto; y 2.° establecer un sistema de tubos ó conductos subterráneos (1).

Ambos á dos son buenos: pero naturalmente se prefiere aquel que esté mas en relacion con las condiciones locales, en cuyo exámen no nos es dado entrar atendida la índole de la obra, como tampoco es posible dar ningun detalle sobre el modo de poner en práctica las acequias ó azarbes, ni tratar de las diferentes especies de tubos ó conductos subterráneos ó desaguaderos que se emplean con este fin.

Estos procedimientos, cuya utilidad es incalculable, son de la incumbencia de obras especiales que en caso pueden consultarse (2). Lo único que puede hacer el geólogo en

(1) Nuestro célebre Herrera ya decia en su tiempo que el mejor medio de sanear las tierras encharcadas ó muy cargadas de humedad, es hacer tales conductos ó sangraderas (patentes ó ciegas) por donde el agua se escurra y escuele.

(2) Las mejores son las de Havre, Mangon, Barral y Leclerc, entre las francesas, y las de los ingleses Parkes y Smith.

vista de las condiciones y de la composicion de la comarca, del suelo y subsuelo, es indicar la direccion que debe darse á los tubos ó conductos de desagüe; la profundidad á que conviene colocarlos ó abrirlos, etc.; pero como esto puede variar hasta el infinito, es claro que en tésis general no puede establecerse regla alguna.

2.°—*Riegos*

La sequía es, á no dudarlo, tan perjudicial á la vida de las plantas como el exceso de humedad; por consiguiente el agricultor debe contrarestarla por medio de los riegos, siempre que esté en su mano hacerlo. Esta cuestion tan sencilla de anunciar, pues se reduce á decir: «Dad agua al campo que la necesite en la proporcion y época conveniente,» es muy difícil de resolver en la práctica, pues entran en ella muchos y complicados factores. Limitándonos por ahora á aquella parte en que la Geología puede ilustrarnos, trataremos: 1.° de la naturaleza de las aguas que convienen mas á las plantas, segun el terreno de que proceden; 2.° de los suelos en que geológica ó físicamente hablando convienen mas los riegos; y 3.° de las condiciones climatológicas que reclaman esta operacion.

En cuanto á la naturaleza de las plantas que exigen con mas necesidad el riego, y las épocas y horas en que deba darse, no es de nuestra incumbencia.

Las aguas no todas son igualmente buenas para las plantas, pues segun los materiales que llevan en disolucion ó suspension, así varian sus cualidades, por ejemplo, las que proceden de bosques y de terrenos turbosos son malas en general, pues los materiales ácidos y astringentes que llevan, léjos de favorecer, se oponen al desarrollo de las plantas.

Las aguas ferruginosas cuando van muy cargadas de hierro tampoco son convenientes para el riego, pues llegan á formar sobre las raíces una capa que les impide funcionar libremente.

Las mejores son aquellas que permanecen mucho tiempo bajo la influencia de la atmósfera; las que recorren en su trayecto puntos muy fértiles y que arrastran muchos materiales. Por esta razon las que atraviesan grandes poblaciones son excelentes. Geológicamente hablando, las aguas son tanto mejores cuanto mas difiere la constitucion mineralógica y química de los terrenos de donde proceden, de la de aquellos que fertilizan con el riego, segun Caumont.

Los manantiales que proceden de terrenos antiguos y en especial de los cristalinos (granitos, sienitas, pecmatitas, etc.), son excelentes en atencion á la cantidad de potasa que llevan en disolucion. Las aguas de capas calizas poco cargadas de materias en suspension, favorecen considerablemente por su permanencia en los prados el desarrollo de los cárex y de las gramíneas secas poco nutritivas para el ganado. Por otra parte, las aguas cargadas de principios calizos deben ser de gran utilidad para el riego de tierras pobres en este elemento. En general el agricultor tiene un buen criterio para apreciar la calidad de las aguas en las plantas que crecen en las orillas del rio, arroyo ó acequia que aquellas recorren.

Las salobres, como se nota de preferencia en la desembocadura de los rios, en el mar y en las lagunas inmediatas, son excelentes para praderas y para pastos que el ganado apetece mucho por la parte de sal que contienen.

Aunque en tésis general puede asegurarse que el riego es el mas poderoso auxiliar de la agricultura, y que como tal conviene á todas las tierras, sin embargo, en unos terrenos cuando forman parte del subsuelo convienen mas que en otros. Así es que los mas permeables y los que con mas facilidad absorben y retienen el calor de los rayos solares, como se nota en los arenosos y calizos, son los que necesitan mas el agua. Por el contrario, el carácter apelmazado y duro que con facilidad adquieren los arcillosos, la propiedad de retener el agua de que gozan en tan alto grado, y la poca aptitud á conservar el calor que reciben del sol, hace que el riego en ellos sea mas bien perjudicial que útil, por cuyas razones debe procurarse que sea corto y separado por largos intervalos.

El riego es, no obstante, menos perjudicial y ofrece menos inconvenientes en un suelo arcilloso, descansando sobre un subsuelo ó roca subyacente permeable, que en una tierra ligera reposando sobre un subsuelo impermeable.

Cuando los terrenos turbosos llegan á desecarse, necesitan el riego mas que ningun otro, el cual debe darse á menudo, ser de corta duracion cada uno, y por medio de corrientes fuertes para que las aguas puedan arrastrar las partes ácidas que aquellos contienen en exceso, y que tan perjudiciales son para el cultivo.

En general puede decirse que cuanto mas intensa es la influencia de la luz y del calor en una region, tanto mas se siente la necesidad del riego, no solo por el mayor consumo que se hace de la humedad por la evaporacion, sino tambien por el estímulo que determinan en las funciones de las plantas acelerando la absorcion. De aquí se desprende que el riego utilísimo, por ejemplo, en las provincias centrales y del Sur y Levante de la Península, es menos indispensable en las del Norte y Poniente, por razones fáciles de comprender.

Hasta aquí llega la mision del geólogo; en cuanto á los medios de procurarse aguas, ya se dirá lo mas esencial en el artículo de Geología hidrográfica; y por lo que respecta á las operaciones de sangrar los rios y arroyos, de levantar presas y diques, de construir zanjas ó canales de conduccion y de desagüe, etc., pertenecen á obras especiales.

3.°—*Labores agrícolas*

La tierra vegetal necesita, segun dijimos, la presencia de cierta cantidad de agua, y la influencia de la atmósfera, de la luz y de otros agentes para corresponder á su objeto; de donde se desprende que los suelos demasiado tenaces, ó que se apelmazan y cubren de una capa dura y resistente capaz de oponerse á la penetracion y circulacion entre sus moléculas de los indicados agentes, necesitan ciertas labores que les den el grado de soltura necesaria, con lo cual se consigue al propio tiempo, que las raíces puedan extenderse y tomar del suelo aquellos elementos que necesitan para su existencia.

Todas las labores que tienen por objeto comunicar á las tierras ese grado de soltura que reclama la vida de las plantas pueden reducirse á la accion del arado, de las zapas, del rastrillo, de los azadones y de otros instrumentos en cuya descripcion no debemos entrar, así como tampoco en el modo de manejarlos, épocas mas á propósito para cada operacion, etc., pues todo esto pertenece á obras especiales. Lo único que la Geología puede hacer en esta materia es indicar la naturaleza y condiciones del suelo y subsuelo, y en su virtud dar consejos sobre el modo de poner en práctica estas operaciones, la especie de animales de que debe valerse el agricultor, etc.; pero como todo esto puede variar al infinito, es imposible marcar reglas y preceptos generales.

La cuestion en la que la ciencia geológica auxiliada de la Química y la Fisiología vegetal puede realmente ilustrar y ser de consiguiente útil á la Agricultura, es la del conocimiento de las sustancias que pueden emplearse para mejorar las propiedades físicas de la tierra; por cuya razon, dejando aparte todo lo relativo á labores, pasaremos á tratar de tan importante asunto.

4.°—*Sustancias que se emplean como mejoramientos*

Al designar las condiciones que debe reunir una tierra vegetal para que se la pueda considerar como tipo, dijimos que una justa proporcion entre sus elementos constitutivos, arena, cal y arcilla, es la mas indispensable. Cuando esto se realiza, la tierra reune la soltura necesaria para dejar penetrar las raíces de las plantas, así como los líquidos y gases que las han de nutrir; y al propio tiempo cierta tenacidad, sin la cual las sustancias alimenticias desaparecerian con rapidez sin llenar su objeto, y los vegetales, faltos de una base sólida, serian el juguete de los vientos. En una tierra así constituida bastan las labores y los abonos para conseguir pingües cosechas. Pero como en la mayoría de los casos sucede que predomina alguno de dichos elementos, comunicando á la tierra ó demasiada soltura, ó sobrada consistencia, y en muchos casos una causticidad perjudicial, el agricultor debe, con conocimiento de causa, aplicar á cada tierra aquellos materiales que convienen para restablecer el equilibrio en el que se funda su fertilidad. A veces habrá que quitar en vez de añadir: de todos modos las sustancias que se emplean con este objeto reciben tambien el nombre de mejoramientos. Su uso en muchos casos equivale á la práctica de determinadas labores.

Partiendo del principio de que los abonos, así orgánicos como minerales, solo ejercen una accion benéfica y duradera en las tierras buenas, y que en las de mala ley su accion puede decirse insignificante, el único medio para aumentar el valor de estas, que por desgracia son las mas numerosas, es el uso de los mejoramientos. Su conveniente aplicacion puede llegar hasta decuplar su precio, si bien esta cuestion es muy delicada, por razon de los lazos que la unen con la parte económica. De modo que antes de decidirse el agricultor á emplear tal ó cual materia que la ciencia le aconseja, debe calcular si los gastos que le ocasiona esta práctica están en relacion con el valor que van á adquirir las tierras. De no hacerlo así, ó de no proceder con tacto y discrecion, puede encontrar su ruina en aquello mismo en que, guiado por los consejos de la ciencia, creia poder labrar su fortuna.

Hechas estas indicaciones generales que deben tenerse presente, aunque, atendida la naturaleza de la obra, nos sea imposible entrar en mas detalles, debemos decir que afortunadamente son muy pocas las tierras que dejen de ser susceptibles de tales mejoras, gracias á la disposicion providencial de los diferentes elementos que componen la parte exterior de la costra sólida del globo. Para ello basta difundir estos conocimientos entre los agricultores ilustrados del país y entre los propietarios de grandes posesiones, excitándoles al propio tiempo á que abandonen añejas y perjudiciales rutinas, y á que entren con paso seguro en las mejoras de que la Agricultura es hoy posesora en otras naciones, gracias á los adelantos y á la aplicacion de las ciencias físico-naturales.

Sabido es de todo el mundo que el médico, antes de propinar los remedios y medicamentos, con los que se propone combatir una dolencia, trata de averiguar la naturaleza del mal, las causas que lo han podido producir, y el modo de obrar de aquellos. Del mismo modo, pues, el agricultor ilustrado debe darse razon de las malas propiedades de sus tierras y de la accion que ejercen las sustancias de que va á echar mano para mejorarlas. Proceder de otro modo seria un empirismo tan fatal á la medicina como á la agricultura, ó por mejor decir, á las plantas como á los enfermos. Para convencerse de ello bastará solo recordar que la misma sustancia que aplicada á una tierra es un excelente mejoramiento, se convierte en una especie de veneno cuando se emplea en otra cuyas condiciones son diferentes.

Tambien conviene conocer la naturaleza de las plantas que se desea cultivar, pues lo que para unas es muy bueno, para otras será tal vez altamente perjudicial.

Residiendo la fertilidad de la mayor parte de las tierras en su propia composicion, se infiere que uno de los medios mas directos de aumentar la riqueza agrícola de un país debe consistir en el mejoramiento que se funda en la mezcla de unas tierras con otras. La experiencia demuestra, con efecto, que las tierras en cuya composicion entra como factor dominante una roca ó un terreno, son pobres; y por el contrario, aquellas que, como las de la formacion diluvial y otras, constan de muchos materiales, son las mas fértiles. Para cerciorarse de esto basta comparar las hermosas vegas de Granada, Murcia y Valencia, con todo el orgullo y variedad de su rica vegetacion, con las producciones, por ejemplo, de las montañas graníticas de Galicia, de la Cordillera Carpetana y Sierra-Morena; aquellas, situadas en anchas llanuras, se hallan constituidas por los elementos geológicos mas variados, mientras que en las últimas domina una sola roca, el granito, el gneis ó las pizarras.

Siendo el objeto de los mejoramientos propiamente dichos restablecer el equilibrio perdido entre los elementos constitutivos de las tierras vegetales, es claro que siendo estos la sílice, la cal y la arcilla, los mejores deberán ser de una de estas tres especies.

Bajo el nombre de mejoramientos silíceos se comprenden los cantos de cuarzo, los guijarros, chinas, arenas, y las areniscas ó asperones machacados ó triturados. Como estas sustancias no son susceptibles de combinarse con las tierras, ni llegan á formar pasta ó miga con el agua, resulta que obran de un modo mecánico interponiéndose entre las moléculas de las tierras demasiado fuertes y apelmazadas, dividiéndolas, haciéndolas mas sueltas ó ligeras, y permitiendo de este modo el libre acceso al agua y al aire. A mas de esto, se consigue con el uso de tales mejoramientos calentar las tierras frias; favorecer el desagüe y circulacion de los humores en los terrenos impermeables, y en las tierras muy secas conservar hasta cierto punto la humedad conveniente.

Rojas Clemente, en sus adiciones al Herrera, dice que la práctica de quitar las piedras y cantos de los suelos pedregosos y cascajosos es muy buena cuando son muy abundantes y grandes, y que impiden se pueda labrar la tierra con el arado y azadon; pero tambien conviene dejarlas en la heredad cuando no se encuentran en demasía, porque conservan mejor la frescura y humedad del terreno durante la estacion del calor. Y se tiene observado, añade, que los trigos y otros granos en semejantes terrenos están mas llenos y dan mas harina, y de superior calidad, que los que producen otras especies de tierras, aunque sean mas pingües.

Para conseguir semejantes resultados es indispensable que la mezcla de estos materiales con la tierra se haga por medio de labores profundas, de tal modo, que no se vayan al fondo las arenas. Deben emplearse igualmente estas sustancias mucho antes de la sementera. Para usarlas, se mezclan primero con una capa poco espesa del suelo, por medio del extirpador, y despues se las incorpora poco á poco con las capas mas profundas.

El Sr. Martin, en su obra obra titulada *Corso di Economia rurale*, dice que las arenas blancas, puras, de grano áspero, anguloso, y aspecto vítreo, no son tan buenas como las de tacto mas suave, de distinto tamaño, y las que van mezcladas con otras sustancias. El mismo añade, que conviene tomarlas de los valles, particularmente cuando se conoce la composicion de sus laderas; y cuando no, deben preferirse

las de los rios, entre las cuales se hallarán las mas convenientes, sobre todo si las aguas recorren terrenos de naturaleza diferente.

Entre los mejoramientos silíceos son preferibles las arenas de acarreo ó aluvion; las de mar sobre todo, cuando son en parte calizas; y los limos ó tarquines; pues en razon á la cantidad de materias vegetales y animales, de arcilla fina y muy tenue, y de carbonato de cal que llevan entre sus moléculas, pueden considerarse como mejoramientos y abonos excelentes. Cuando se eche mano de las arenas y gravas de acarreo, no hay que olvidar el principio, emitido ya, de que cuanto mas variado sea el terreno de donde proceden, tanto mejores son dichos materiales.

Los mejoramientos arcillosos (1) se reducen á la arcilla; pero esta puede emplearse en su estado natural, ó bien cocida, siendo diferente su accion en cada uno de estos casos.

La arcilla natural se emplea como mejoramiento en las tierras arenosas y calizas demasiado sueltas y ardientes, con el objeto de contrarestar estas malas condiciones en virtud de las propiedades que la distinguen.

La tenacidad y consistencia de la arcilla hacen que su incorporacion sea difícil, á no pulverizarla antes. Hay que tener tambien en cuenta la cantidad tan extraordinaria de agua que es capaz de absorber, que llega casi á doblar su propio peso, para saber la época en que debe hacerse uso de este mejoramiento. La mejor estacion es el verano, despues de la siega, cuando la arcilla está seca, con lo cual se consigue tambien tenerla ya extendida en el campo, para que así reciba las lluvias y consiguientes labores de otoño.

Cuando un suelo arenoso ó calizo descansa sobre otro arcilloso, el desmonte á proximidad es la mejor operacion, considerada al menos bajo el punto de vista económico.

En cuanto á la cantidad en que debe emplearse, es imposible dar reglas fijas, pues deberá ser distinta segun la naturaleza y condiciones del suelo que se quiere mejorar, segun su posicion, la índole del clima, y mil otras circunstancias que no es fácil prever ni indicar así de un modo general. En algunas partes del Mediodía de Francia llegan á echar hasta 100 carretadas por hectárea; en otros puntos la emplean en proporcion de un hectólitro por cada diez metros cuadrados, esparciéndola en el suelo lo mismo que los abonos.

La arcilla no obra solo por la accion mecánica, resultado de su composicion, sino que dotada de la propension de condensar y retener entre sus moléculas las materias gaseosas, aire, amoniaco, etc., ejerce sobre las tierras una influencia química muy notable. Además, como en su composicion entran la sosa, la potasa y otros elementos, segun la naturaleza de las rocas de cuya descomposicion procede, es claro que constituye un abono mineral excelente.

El Sr. Desvaux dice que, con bastante probabilidad, la primera idea de aplicar la arcilla cocida ó quemada como mejoramiento á las tierras fuertes, la debió suministrar la práctica de los hormigueros y la de incendiar los campos en rastrojo, como se practica en gran escala en varios puntos de la Península, y en especial en el reino de Valencia, en Murcia, Huesca, Asturias (2) y Provincias Vascongadas. De consiguiente, no debe extrañarse el que hagamos una corta digresion para tratar de este poderoso y eficaz mejoramiento de ciertas tierras.

---

(1) El uso de esta sustancia como mejoramiento de las tierras remonta, por lo menos, á la época de los romanos, pues Columella cuenta que un tio suyo, agricultor ilustrado, empleaba ya la arcilla en las tierras arenosas, y que, ora las destinara al cultivo de la vid, ora al de cereales, siempre le daban pingües cosechas.

(2) En Asturias llaman borrones á los hormigueros, y emborronar al acto de hacerlos.

Los hormigueros se reducen á formar montones ó pequeñas pilas de plantas que se sacan de las tierras mismas cuando se desmontan, ó de la poda de los árboles ó de la vid, los cuales se cubren de una capa de tierra ó de arcilla, y se les deja en el campo toda la primavera, quemándolos, en general, en verano despues de la recoleccion de los cereales, ó bien en otoño antes de las lluvias. Una vez tostada la tierra y reducidas las plantas á cenizas, se extiende aquella y estas en el campo; despues se labra y prepara para la sementera.

Las mejoras que esta práctica suministra á las tierras fuertes, sobre todo para el cultivo de los cereales, son muy notables Segun el Sr. Pierre, en sus lecciones de Química agrícola, estas ventajas se reducen á las siguientes:

1.ª Destruir por la accion del fuego las plantas perjudiciales que se hallaban en posesion del terreno.

2.ª Matar, ó por lo menos ahuyentar, los insectos dañinos.

3.ª Modificar favorablemente la composicion química de las tierras, facilitando la descomposicion de ciertos elementos, y especialmente de los álcalis que contienen las arcillas, aumentando la aptitud de estas para la absorcion de los gases. De manera que los hormigueros secundan la benéfica accion de los abonos minerales, á los que en muchos casos pueden reemplazar.

4.ª Cuando las plantas que se queman son abundantes, suministran una cantidad notable de cenizas, cuya influencia en la vegetacion depende de la cantidad de sulfatos, carbonatos, fosfatos y otras sales que contienen.

5.ª y última. Disminuye notablemente la consistencia de las tierras fuertes haciéndolas mas sueltas y esponjosas, siendo, de consiguiente, un excelente mejoramiento.

Para obtener, sin embargo, con los hormigueros todas estas ventajas, es preciso que la calcinacion no sea demasiado avanzada ni tampoco incompleta; es decir, se necesita cierta temperatura que solo la práctica puede enseñar.

En algunos puntos del reino de Valencia se sirven de los hormigueros para preparar las tierras que se destinan al cultivo de la vid, echando mano para ello de los mismos sarmientos que se recogen en la poda; práctica adoptada igualmente en Aragon y parte de Cataluña, y que produce muy buenos resultados, por suministrar á la planta los elementos mas adecuados á su naturaleza.

Aunque en escala mucho menor, la quema del rastrojo ó de las malas yerbas del campo determina los mismos efectos. ¿Quién ignora el abuso que los pastores hacen de esta práctica tan útil, quemando el monte bajo para proporcionar á los ganados ricos y abundantes pastos en la primavera?

Despues de estos detalles solo resta decir que la arcilla cocida y reducida á polvo se emplea tambien con buen éxito en las tierras arcillosas y fuertes, lo mismo que en las calizas muy consistentes. Esta práctica la recomiendan mucho los agricultores ingleses, franceses y alemanes, preconizando las grandes ventajas de este mejoramiento. Para que la arcilla pueda reducirse á polvo fácilmente es preciso cocerla ó quemarla cuando todavía conserva algo de humedad, pues de lo contrario, se convierte en una especie de ladrillo duro y consistente que dificulta la operacion.

En estos hechos se funda igualmente el uso del ladrillo, de las tejas y demás objetos de alfarería triturados ó pulverizados para las tierras duras y apelmazadas.

Los mejoramientos calizos se reducen á la marga, á la cal, á los yesones y argamasas de los edificios, al falun ó caliza conchífera, y á algun otro. Su uso solo puede ser útil en los suelos privados enteramente de caliza, ó en los que escasea este elemento. Convienen muy particularmente á las tierras frias, húmedas, consistentes ó apelmazadas y á las de base de arcilla.

El uso de la marga, ó la práctica de margar las tierras es muy antigua, pues ya hablan de ella Pedro Crezentino, Columella, Plinio y otros. En nuestra Península, aunque proscrita por el gran Herrera, tambien data de mucho tiempo, gracias al celo con que los ilustrados redactores del *Semanario de Agricultura y Artes* divulgaron á últimos del pasado siglo la gran utilidad de este mejoramiento; esfuerzos que se vieron coronados del mas brillante éxito, como lo atestigua, entre otras cosas, la carta de Alonso de Torres y Soto de Astorga, publicada en el tomo IV de dicha obra, en la que dice que las margas se habian convertido en verdadero tesoro para las tierras de aquella comarca, gracias á sus oportunas indicaciones.

Aunque descrita ya en el tratado de las rocas, la marga es tan útil á la agricultura, que creemos conveniente reproducir sus principales caractéres físicos y químicos, siguiendo las doctrinas del Sr. Desvaux en su excelente tratado sobre esta tierra.

La marga, segun este escritor, es una piedra que cuando sale de la cantera, si es pura, se presenta de color blanquecino, de aspecto casi cristalino y farinoso, aun en el caso de constituir masas sólidas, que es cuando se llama litomarga. Su tacto es áspero; la consistencia pulverulenta ó pétrea: en el primer caso por la humedad se dilata mucho: en el segundo se exfolia y pulveriza en un espacio de tiempo mas ó menos breve: cuando está seca, se pega á los labios, atrae con fuerza la humedad, y si se la sumerge en el agua produce un chasquido ó silbido análogo al de la cal viva al hidratarse ó apagarse.

En cuanto á sus propiedades químicas, puede decirse que es soluble con efervescencia en todos los ácidos, y hasta en el vinagre comun: es infusible al soplete, y se endurece poco al fuego, convirtiéndose en cal viva.

La marga mejor es aquella que se exfolia y pulveriza con mas prontitud. El Sr. Theillieux dice tambien que la bondad de esta piedra es tanto mayor, cuanto mas modernos son los terrenos en que se encuentra; y aunque Gasparin no participa de esta opinion, no deja de ser un dato curioso.

Siguiendo las doctrinas del Sr. Schwacheim, dividiremos la marga en tres especies, á saber: 1.ª marga arenisca, 2.ª marga arcillosa, y 3.ª marga pétrea ó caliza.

Dejando para obras especiales todo lo relativo á la explotacion de tan preciosa sustancia, y reservándonos para mas adelante el hacer mencion de los terrenos en que hay que buscarla, nos limitaremos, por ahora, á indicar la utilidad de cada una de estas especies, segun su composicion y caractéres; no siendo indiferente echar mano de esta ó de la otra para una tierra determinada, y para un cultivo dado.

La marga arenosa ó arenisca, que es la que propiamente se llama *Greda*, se compone de caliza y arcilla en la proporcion próximamente de una tercera parte, y de arenas que llegan á formar los dos tercios restantes. Es una piedra de color gris ó blanquecino, friable; que se deslie con facilidad en el agua, sin formar masa con ella. Es la peor de todas las margas, y solo puede emplearse como mejoramiento en las tierras fuertes, apelmazadas y húmedas, y tambien en las cretáceas.

La marga arcillosa es preferible á la anterior; su estructura es compacta, poco friable, y se deslie con mas dificultad en el agua, con la cual forma sin embargo masa.

Cuando esta marga llega á contener hasta un tercio de carbonato de cal, es muy á propósito para mejorar los suelos arenosos y los demasiado secos, obrando químicamente por el carbonato, y tambien de un modo mecánico, comunicando cierta consistencia al terreno. Cuando por el contrario, es la arcilla la que predomina, puede servir para los terrenos arenoso calizos, si bien debe usarse con prudencia, pues la parte caliza, si es demasiado abundante, llega á quemar las cosechas en virtud de su causticidad.

La marga caliza es la verdadera marga, y la mejor de todas sus variedades; á ella le convienen perfectamente todos los caractéres que acabamos de apuntar y los que señalamos en el capítulo de las rocas. Esta marga se aplica con ventaja á las tierras arcillosas y á todas aquellas que ó son sobrado húmedas, ó que gozan en el mas alto grado de la propiedad de retener el agua de lluvia. En los suelos arenosos conviene poco, produciendo efectos de corta duracion, especialmente si se la emplea sola y sin el auxilio de los abonos.

De lo dicho se deduce la necesidad de distinguir bien la especie ó variedad de marga que se quiere emplear, pues su accion es diferente en cada una. Pero antes de dar á conocer el modo sencillo de practicar este ensayo, es menester recordar, que si bien las principales propiedades de la marga residen en el elemento calizo, no toda la materia de esta naturaleza componente de dicha piedra ejerce la misma influencia sobre las tierras. Para que la caliza pueda obrar como mejoramiento, es condicion precisa que se deshaga ó pulverice con facilidad. Ahora bien, en muchas margas este elemento se halla en forma de nódulos ó riñones inatacables por la humedad; de consiguiente, antes de proceder á la análisis química, conviene que por el lavado y por decantaciones sucesivas, despues de dejar durante una hora en el agua la marga que se estudia, se aprecie la proporcion entre el elemento calizo pulverulento y el que no lo es. Esto es indispensable para llegar á conocer el valor relativo de este mejoramiento en diferentes muestras.

Para apreciar la cantidad absoluta ó relativa de caliza que contiene la que nos proponemos examinar, se toman 100 gramos de marga, que se sujetan á la accion del fuego despues de pulverizada con el fin de privarla de la humedad. Despues se colocan en un frasco 100 gramos de ácido clorhídrico, diluido en dos veces su peso de agua; se pesa todo, hecha la deduccion del peso de la botella, y se añaden 20 gramos de marga desecada. Se introduce esta poco á poco en el frasco, agitando la mezcla para facilitar el desprendimiento del ácido carbónico. Terminada que sea la efervescencia, se coloca otra vez el frasco en la balanza, y el peso que se añade para equilibrar los platillos, representa el ácido carbónico que fué desalojado. Este dato es suficiente para apreciar el carbonato de cal que contiene, pues como este sobre 100 partes, se compone de 43,71 de ácido y 56,29 de base ó sea cal viva, si suponemos, por ejemplo, que el peso que se añadió fué de 5,40 gramos, bastará hacer la siguiente proporcion para obtener el dato que deseamos: $43{,}71 : 100 :: 5{,}40 : x = \frac{100 \times 5{,}40}{43{,}71} = 12{,}35$ que representa la cantidad de carbonato que contiene aquella. Lo restante hasta 20 gramos ó sea 7,65, consta de arcilla ó de una mezcla de esta y de arena, cuya cantidad respectiva podrá apreciarse por el lavado y por decantaciones sucesivas. Conocida la proporcion para la cantidad 20 que se ha tomado por ejemplo, con solo multiplicar los diferentes términos por 5, se tendrá la relativa á 100 partes.

Sin entrar en detalles respecto á la época en que debe ponerse en práctica este mejoramiento, al modo de usarlo y demás datos, que corresponden en rigor á tratados especiales, nos limitaremos á indicar el criterio que debe servir de norma para la cantidad en que debe emplearse, ampliando de paso lo que hemos dicho ya tocante á la accion que ejerce esta sustancia sobre las tierras.

Siguiendo al célebre Puvis en esta materia diremos, que

lo que debe prometerse el agricultor del uso de la marga es restablecer la proporcion conveniente del elemento calizo en las tierras. Ahora bien, segun este autor, la caliza debe hallarse en la tierra en la proporcion por término medio de un 3 por 100, para que reuna las condiciones mas convenientes al desarrollo de las plantas, de donde se desprende que aquellas que la poseen en esta proporcion, no necesitan que se las margue. En cuanto á los suelos que no la contienen en la indicada cantidad, la marga que les conviene se puede deducir del resultado de su análisis y del de la tierra en que se quiere emplear. A este dato hay que añadir además otros dos, á saber: 1.° El espesor del suelo, pues como es fácil inferir, la cantidad de mejoramiento debe aumentar en razon directa de este, con el fin de establecer el equilibrio en toda su masa. Y 2.° la proporcion de cal que consumen anualmente las plantas que se cultivan en dicho terreno. Este dato lo puede apreciar el agricultor por la análisis de las plantas ó por ensayos de las tierras en las épocas ó períodos en que se cree conveniente margarlas, lo cual por otra parte marcará tambien el espacio de tiempo que ha de mediar entre una y otra operacion.

Girardin hace notar con mucha oportunidad que la aparicion de plantas que como los oxalis, las acederas y otras demuestran claramente haberse agotado ya el elemento calizo del suelo, es un excelente criterio que deberá tener presente el agricultor, para saber cuándo ó con qué intervalos conviene repetir la aplicacion de la marga.

Con el objeto de facilitar la aplicacion de todos estos datos en operacion tan importante, consúltese el cuadro siguiente, copiado del que publicó M. Puvis.

NÚMERO DE HECTÓLITROS Ó DE METROS CÚBICOS DE MARGA

NECESARIOS Á UNA SOLA CAPA DE TIERRA LABRANTÍA, EN UNA HECTÁREA DE EXTENSION Y DE ESPESOR DE

8 CENTIMETROS		10 CENTIMETROS		13 CENTIMETROS		16 CENTIMETROS		18 CENTIMETROS		21 CENTIMETROS		CUANDO 100 partes de marga contienen de cal
Hectólitros	Metros cúbicos	Hectólitros	Metros cúbicos	Hectólitros	Metros cúbicos	Hectólitros	Metros cúbicos	Hectólitros	Metros cúbicos	Hectólitros	Metros cúbicos	
2,435 7	243 57	3,247 4	324 74	4,059 1	405 91	4,871 4	487 14	5,683 1	568 31	6,494 8	649 48	10
1,217 8	121 78	1,693 7	169 37	2,059 5	205 95	2,434 0	243 40	2,841 5	284 15	3,230 2	323 02	20
811 6	81 16	1,082 4	108 24	1,352 9	135 29	1,623 7	162 37	1,894 5	189 45	2,164 9	216 49	30
608 7	60 87	811 6	81 16	983 0	98 30	1,217 5	121 75	1,420 4	142 04	1,623 3	162 33	40
486 7	48 67	644 4	64 44	805 5	80 55	966 6	96 66	1,127 7	112 77	1,275 1	127 51	50
403 4	40 34	538 1	53 81	672 5	67 25	806 8	80 68	941 9	94 19	1,076 3	107 63	60
349 6	34 96	466 1	46 61	582 7	58 27	699 2	69 92	815 7	81 57	932 3	93 23	70
304 3	30 43	405 8	40 58	507 3	50 73	608 7	60 87	710 2	71 02	811 6	81 16	80
265 6	26 56	353 7	35 37	442 8	44 28	531 2	53 12	620 0	62 00	694 7	69 47	90

Estas cantidades medias deberán, sin embargo, variar segun muchas circunstancias. Así, por ejemplo, en un suelo arcilloso, si la marga ofrece tambien este carácter, la proporcion debe ser menor; lo mismo debe hacerse en un terreno ligero ó arenoso, en el cual pueden bastar 8^{m},5 cúbicos ú 85 hectólitros por hectárea.

Tambien hay que advertir, segun Girardin, que los números del cuadro anterior se refieren á margas privadas de los nódulos calizos inatacables por el aire y el agua; es decir, á aquellas cuya masa toda es suceptible de reducirse á polvo.

La marga obra mecánica y químicamente. En el primer caso comunica á las tierras arcillosas mayor soltura en sus elementos, haciéndolas de consiguiente, mas ligeras, fáciles de labrar, y permeables al aire y á la humedad. Estos resultados son hijos de la accion del elemento calizo, y aun del arenoso que contiene en ciertas variedades, y de la facilidad con que se disgrega, debida á la retraccion diferente de la cal y de la arcilla.

Bajo este punto de vista el margar equivale, hasta cierto punto, á las labores, ó por lo menos las secunda y determina el mismo efecto que las que llevan por objeto dar soltura y ligereza al terreno. Por el contrario, á los terrenos arenosos y ligeros les da mas consistencia y trabazon, corrigiendo su demasiada permeabilidad, y su aptitud á calentarse y desecarse. De lo dicho se deduce tambien, que una misma especie de marga no conviene á todas las tierras.

En cuanto á la accion química, por mas que no sea tan clara como la mecánica, no deja por eso de ser menos evidente, como lo acredita por una parte el vigor que comunica á las plantas, y por otra el empobrecimiento de la tierra, cuando despues de margarla, no se ha cuidado de renovar los abonos que secundan unas veces y neutralizan otras, los efectos de aquella. Estos datos demuestran claramente que la marga no es un simple mejoramiento mecánico, como han creido algunos, sino que al propio tiempo es una sustancia que ejerce una accion química en el suelo, y fisiológica sobre las plantas.

El primer resultado de la accion química de la marga es neutralizar la influencia sobrado enérgica y desfavorable de los ácidos libres que contiene el suelo, particularmente si se hallan en exceso. Este efecto lo debe aquella á las materias calizas que contiene, las cuales, obrando á la manera de la cal viva sobre los restos de plantas y animales que se hallan en el suelo, activa su descomposicion, reduciéndolos en un espacio breve de tiempo al estado de mantillo, único que conviene á los vegetales. Por otra parte activa tambien la absorcion de los gases atmosféricos, y aumenta de un modo notable la accion de los abonos vegetales y animales, circunstancias importantísimas para el cultivo.

Segun consta de las observaciones de Gasparin, cuando la marga ha permanecido expuesta por algun tiempo á la accion del aire, cede al agua el bicarbonato de cal (sal soluble) y algo de nitrato de la misma base. Pasada por lejía y abandonada al aire durante algunos meses en un estado conveniente de humedad, suministra nueva dósis de bicarbonato y nitrato de cal. De donde puede deducirse que la marga suministra á la vegetacion por la parte caliza que contiene, las mencionadas sales tan necesarias como útiles á la existencia de las plantas.

La solubilidad del elemento calizo de la marga la determina el ácido carbónico de que casi siempre se halla impregnada la tierra vegetal, pues es sabido que cuando por un

exceso de este el carbonato pasa á bicarbonato, adquiere dicha propiedad.

Por último, la presencia en ella de animales fósiles, y de algun principio amoniacal, contribuye tambien á aumentar los efectos de la accion química de esta sustancia, que con razon puede considerarse como don del cielo, y verdadero tesoro para la agricultura en aquellas comarcas cuyas tierras, por efecto de su propia naturaleza, exigen su aplicacion.

Dejando para mas adelante la indicacion de los terrenos que de preferencia suelen contener la marga, por el momento debemos hacer presente que casi siempre se encuentra tan preciosa sustancia cerca de la superficie; siendo por lo comun indicio de su existencia á poca profundidad, el criarse en el suelo las gatuñas, las salvias, los espinos ó zarzas, los melampiros, el trébol, el llanten y otras plantas análogas.

El servirse de la cal viva como mejoramiento de muchas tierras, es tambien muy antiguo y de grandes resultados, especialmente aplicada en los terrenos en que escasea dicho elemento, en las tierras frias, y sobre todo en las que abundan los ácidos libres, como en las de brezo, en las turbosas y otras análogas. La operacion de echar cal á las tierras para mejorar sus condiciones se llama entre nosotros encalar, lo cual prueba que esta utilísima práctica no es del todo extraña á nuestra agricultura. En las provincias vascas, en Asturias y en la pendiente occidental de los Pirineos se emplea con efecto la cal; así como en Murcia, Granada, Valencia y en otras partes, se sirven de lo que se llama entarquinado, con un objeto análogo.

El uso de la cal se funda en las propiedades que la caracterizan, y que indicamos someramente mas arriba. A pesar de lo que se dijo de esta sustancia, considerada como elemento esencial de las tierras (pág. 392), conviene recordar la distincion que hicimos al considerarla como roca, en cal grasa, cal seca y cal hidráulica, en razon á que el modo de obrar de estas diversas especies es distinto. A estas hay que añadir la cal magnesífera, resultado de la calcinacion de Dolomias y de otras rocas que contienen magnesia.

La primera de dichas variedades es la cal viva pura ó grasa; es muy cáustica, y aumenta considerablemente de volúmen cuando se apaga, de cuyas dos propiedades depende su accion como mejoramiento. Es la que produce mejores y mas poderosos efectos en menor cantidad; esponja y divide las tierras, matando ó destruyendo, además, los insectos dañinos y las malas yerbas. Por la accion que ejerce sobre la arcilla la lechada de cal, la hace soluble, poniendo en libertad la mayor parte de los álcalis que contiene y que son esenciales á la vida de las plantas. Destruye con mas energía que la marga las partes vegetales y animales, convirtiéndolas prontamente en mantillo, al que descompone tambien, haciéndolo mas favorable ó apto para los vegetales. De aquí el llamarse ardiente este mejoramiento, por cuanto consume muy pronto los abonos orgánicos, fundándose en esto mismo la necesidad de mezclarlo con cierta cantidad de estiércoles antes de echarlo á la tierra. En esta operacion, en el momento de hidratarse la cal, se hace insoluble y persiste en la tierra en un estado de gran tenuidad, desempeñando el mismo oficio que la parte caliza de la marga.

Algunos químicos suponen que tanto la cal como la que contiene este otro mejoramiento, se amparan del amoniaco de los abonos y lo convierten en carbonato, única sal de esta base que por su solubilidad puede servir á la nutricion de las plantas. De manera que la cal viva pura debe considerarse, no solo como excelente mejoramiento obrando mecánica y químicamente sobre las tierras, y cambiando sus condiciones físicas, sino que tambien, hasta cierto punto, como abono y materia estimulante de la vida de las plantas.

Las otras variedades de la cal obran tambien de un modo análogo, si bien la seca ó árida, en razon á la cantidad de arena que contiene, y la arcillosa ó hidráulica, por la sílice y los álcalis que lleva, determinan otros efectos. La última en especial, conviene mas á las plantas de forraje, á las leguminosas y á la parte herbácea de las gramíneas y cereales por la cantidad de silicato de alumina que les suministra. Estas dos especies de cal consumen ó destruyen menos los abonos; de consiguiente no queman tanto las tierras, si bien, como es natural, las ventajas que proporciona su encalado son menores que las de aquella.

La cal magnesífera obra de un modo muy eficaz, y necesita como la primera el auxilio de los abonos orgánicos, por cuanto los consume con rapidez; de consiguiente su uso exige mucha prudencia, pues de lo contrario el terreno se esteriliza en vez de fertilizarse.

El abate Rozier dice, á propósito del encalado, que esta operacion no admite término medio en cuanto á sus efectos, es decir, que ó es muy útil y de grandes resultados cuando los abonos y estiércoles son abundantes, ó muy perjudicial en terrenos pobres en sustancias orgánicas, y particularmente en tierras arenosas y secas. Solo en las turbosas y de brezo, en los desmontes recientes de bosques, y en los terrenos pantanosos, la cal produce excelentes resultados, aun aplicada en grandes cantidades.

La práctica de encalar exige, por lo visto, ciertas condiciones de parte de las tierras que conviene conocer. La primera es que sean pobres en elemento calizo; la segunda que sean ricas en mantillo, ó por lo menos que se las abone á menudo con estiércoles, y la tercera que ofrezcan cierta dosis de humedad ó que sean tierras frias. Esta circunstancia nos da razon de ser tan comun esta práctica en las provincias Vascongadas, en Asturias y en otras regiones de la Península, en donde reina mucho la humedad, mientras que en otras seria tal vez perjudicial. Indicado el modo de obrar en cada una de las especies ó variedades de la cal viva, y las condiciones que para su aplicacion deben ofrecer las tierras, estamos ya en el caso de proceder á la descripcion de los otros mejoramientos calizos dejando para obras especiales de Agronomía el indicar la cantidad en que deba emplearse cada una, el modo de usarla, las precauciones que deben tomarse para evitar los funestos efectos del encalado, cuando no lo dirige una mano prudente, etc.

A la Geología agrícola, con efecto, solo se le puede exigir en rigor la indicacion de las sustancias que puedan emplearse como mejoramientos ó abonos minerales, segun las determinadas circunstancias que ofrecen las tierras: el modo de conocerlas, y señalar el terreno en donde el agricultor puede hallarlas.

Los yesones y escombros de los edificios, de que en general se hace tan poco aprecio, son á la vez un mejoramiento superior á la cal misma y á la marga, segun Girardin, y un abono excelente que obra estimulando la vida de las plantas. Tan útiles propiedades residen, á no dudarlo, en la variada composicion de dichas sustancias, en las cuales figuran el carbonato de cal y de magnesia, el sulfato de cal, el nitrato de la misma base, y el de magnesia y potasa: los cloruros de cal, de magnesia, potasa y sosa, y por último, muchas materias orgánicas y sales solubles, que entran en las proporciones siguientes:

Nitrato de potasa y cloruro potásico. . . .	10
Idem cálcico y magnésico.	70
Sal comun.	15
Cloruro cálcico y magnésico.	5
Total. .	100

La presencia de elementos tan varios como eficaces en su accion sobre la vida de las plantas demuestra claramente que los yesones pueden servir perfectamente de abonos minerales, con la ventaja de llevar consigo sustancias que la naturaleza solo proporciona en rocas ó mejoramientos muy distintos. De aquí el que sean útiles en extremo para todas las tierras, y sobre todo para aquellas que escasean de caliza, contribuyendo á aumentar considerablemente la mayor parte de las cosechas. Conviene, sin embargo, para servirse de él, que las tierras sean frescas y algo húmedas, pues de lo contrario la cal que contienen obra por su causticidad, como dijimos en la especie anterior, y las sales solubles no pueden disolverse. Reuniendo, pues, el suelo cierto grado de humedad, puede asegurarse que este mejoramiento y abono á la vez, es de grande utilidad para toda clase de cultivo, y muy particularmente para el de los prados naturales ó artificiales.

La presencia en los yesones de la cal, que no llegó á combinarse con el ácido carbónico, comunica á esta materia propiedades análogas á las de la marga y de la cal viva.

Por último, el yeso que se halla en muchos escombros, particularmente en los que propiamente se llaman yesones, les comunica todas las propiedades estimulantes propias de este mejoramiento. Su accion es además muy persistente y duradera, circunstancia que, unida á su escaso costo y á las utilísimas propiedades que se acaban de indicar, hacen que sea uno de los recursos mas poderosos para la agricultura.

El falun, descrito ya como roca, es un mejoramiento, y si se quiere, tambien un abono estimulante, por razon de la parte animal que contiene. Pertenece de consiguiente, á la clase de los calizos, preferible, segun muchos agricultores, á la cal y á la marga misma. En Francia se hace gran uso de esta roca importantísima, empleándola en las tierras arcillosas, que contribuye á esponjar haciéndolas mas ligeras, y en las arcilloso-calizas, si bien estas no necesitan en general tanta cantidad como aquellas. En unas y otras suele emplearse mezclándolo con una parte de abonos orgánicos. En Inglaterra y Holanda se sirven de la roca llamada crag, de naturaleza análoga, y superior, si cabe, por sus propiedades al falun, por la mayor proporcion de fosfatos que contiene: segun Young, en muchos puntos del condado de Suffolk produce mejores efectos que la marga misma.

La accion de estos mejoramientos y abonos sobre la tierra está en razon directa de la cantidad de huesos, conchas, zoófitos y demás restos orgánicos que contienen, y del mayor estado de trituracion. Los efectos del falun y del crag son tan duraderos, que se observan en el suelo durante muchos años.

A veces estas rocas se sobrecargan de arenas y pierden el carácter de falun; en este caso, sin embargo, se aplican con ventaja á las tierras arcillosas.

Tambien se emplean como mejoramientos y abonos orgánicos excelentes, los depósitos de conchas, erizos de mar, zoófitos mas ó menos triturados, mezclados con arena, grava y otros materiales térreos, y con algas y fucus en estado de mayor ó menor descomposicion, que existen en muchas costas en las pequeñas bahías, en las ensenadas, y especialmente en las rias. La composicion de estos materiales necesariamente ha de variar segun sea la naturaleza de la costa y de los bajíos de donde proceden; pero en todos existe un fondo de sustancias animales y de sal de mar, que les comunican propiedades excelentes.

En las costas de Bretaña y en la baja Normandía distinguen estos mejoramientos, de que se sirven con gran ventaja, con los nombres de *maerl* ó *merl*, *treaz ó trez*, y *tangue*. El primero se aplica á un depósito de concreciones ó de pequeñas madréporas calizas, mezcladas con conchas y otros restos, que en razon al predominio del elemento calizo, la destinan con buen éxito á las tierras arcilloso-silíceas, tan comunes en Bretaña. Tambien llaman á este mejoramiento arena vermicular, fondo de coral, etc.

El treaz ó trez es una arena basta de mar, mezclada con gruesos restos de conchas y con mariscos enteros, y se emplea para dar soltura á las tierras de huerta, secundando por la materia caliza y la parte orgánica que contiene, la accion de los estiércoles.

La tangue, palabra que podemos traducir por tanga, se llama tambien ceniza de mar, en razon á su estado mas bien pulverulento que arenoso. Generalmente se encuentra, segun Caumont, en la desembocadura de aquellos rios cuyas aguas proceden ó han corrido sobre terrenos pizarrosos ó graníticos; y de aquí la naturaleza arcilloso-silícea que ofrece la tanga, efecto de la descomposicion que aquellas ocasionan en dichas rocas. La naturaleza de este mejoramiento está sujeta á una porcion de circunstancias dependientes de la localidad, de la agitacion ó quietud de las aguas en cuyo seno se forma etc., pero á pesar de todo, hay tres elementos, á saber: la sílice pura, la arcilla y la caliza, que segun Girardin, no faltan nunca. La proporcion entre estas materias puede variar, y de aquí el llamar á la tanga grasa cuando predomina la arcilla, ligera y viva cuando es, por el contrario, mas rica en arena. La tanga grasa se aplica de preferencia á las tierras ligeras ó sueltas que se encuentran cerca de las costas; las otras son mas útiles en los suelos fuertes y apelmazados.

Unas y otras se emplean puras ó mezcladas con abonos animales y vegetales, y con mantillo, en la proporcion de una cuarta parte de estos, y en cantidad de 12 á 15 carretadas por hectárea.

Nos ha parecido tanto mas oportuno dar estas noticias, cuanto que en varios puntos de la extensa costa que rodea á la Península pueden indudablemente encontrarse materias análogas á las citadas que no deben desperdiciarse. En Galicia, y particularmente en las cercanías de la Coruña y en la ria de Betanzos, se sirven de lo que los habitantes llaman *arenas de mar*, que, atendida la constitucion geológica de la comarca, deben ser muy análogas á la verdadera tanga, logrando á beneficio de este mejoramiento excelentes cosechas de lino y de toda especie de verduras y legumbres.

La concha de las ostras, almejas, erizos y demás mariscos que tan frecuentemente se encuentran en las costas, pueden prestar el mismo servicio que el falun y las otras sustancias que acabamos de mencionar. Trituradas y esparcidas convenientemente en los campos de tierra fuerte, fria y húmeda, facilitan la extension de las raíces, y además suministran por su descomposicion materias salinas y orgánicas muy convenientes á las plantas.

Aquí termina lo que nos habíamos propuesto indicar respecto de las sustancias que mas comunmente puede emplear el agricultor como mejoramientos. Sustancias todas pertenecientes al reino mineral, y que en consecuencia son del dominio de la Geología, á cuya ciencia tiene aquel que recurrir para llegar á conocerlas y para saber el terreno ó terrenos en donde las puede hallar para satisfacer las necesidades de sus campos. Aunque la accion de alguna de ellas es química, sin embargo, la mayor parte obran mecánicamente contrarestando las malas cualidades que suele comunicar á las tierras el predominio de alguno de sus elementos componentes. Solo nos falta examinar una serie de cuerpos que, obrando de una manera especial sobre las materias constitutivas de las tierras ó sobre la vida de las plantas y sus tejidos, contribuyen de un modo muy directo á su existencia y desarrollo.

SECCION SEGUNDA

ABONOS

Estas sustancias han merecido por su modo de obrar el nombre de *abonos;* distinguiéndose, segun su procedencia y naturaleza, en orgánicos animales y vegetales, y en inorgánicos ó minerales.

Las análisis repetidas nos demuestran que las plantas constan en último resultado de oxígeno, hidrógeno, carbono ó ázoe en diversas proporciones, elementos que contribuyen á formar los principios inmediatos, tales como las gomas, el azúcar, el almidon, la albúmina, la cera vegetal, las resinas, etcétera, y las sustancias térreas, conocidas con el nombre de cenizas compuestas de carbonatos, sulfatos, silicatos, fosfatos, etc., de diversas bases. El agua y la atmósfera suministran algunos de estos materiales: los otros proceden del suelo, ya que al parecer está demostrado, como hemos dicho, que las plantas no pueden crear por sí materia mineral.

El agua que las raices toman del suelo y las partes verdes del ambiente exterior, suministra casi todo el hidrógeno y tambien parte del oxígeno que las plantas necesitan para vivir y desarrollarse.

El aire les proporciona el ácido carbónico que descomponen bajo la influencia de la luz las partes verdes, fijando el carbono en su tejido y devolviendo á la atmósfera el oxígeno, al menos durante la accion de los rayos luminosos y caloríferos del sol. Sin embargo, esta no es la única fuente del ácido carbónico; tambien lo reciben las plantas del suelo, sea directamente ó bien por la descomposicion del mantillo, en virtud de la influencia que ejerce el oxígeno de la atmósfera y otros agentes sobre la parte orgánica de la tierra.

Mas dudosa es la procedencia del ázoe; pero para nosotros, que no nos proponemos escribir un curso de fisiología vegetal y sí solo designar por estas consideraciones generales la influencia que los abonos ejercen en la vegetacion, nos basta saber qué parte de este elemento lo suministra la atmósfera, procediendo lo restante de las sustancias nitrogenadas y amoniacales del suelo. Lo que conviene, sin embargo, es recordar la accion tan eficaz como directa que este elemento ejerce sobre las plantas para apreciar la importancia y necesidad de los abonos en las tierras empobrecidas ó esquilmadas por el consumo continuo que de él hacen las plantas. Este elemento contribuye á formar una porcion de principios nitrogenados como la albúmina, el gluten y otros que se hallan en el tejido de las plantas, y el amoniaco que tambien se encuentra en ellas, como lo han demostrado las análisis practicadas por Calvert y Ferrand.

Despues de estas consideraciones, veamos cuáles son las sustancias que mas comunmente se emplean como abonos y estimulantes de las plantas.

1.° — *Abonos orgánicos*

Entre los que proceden del reino orgánico figuran, á mas del mantillo que puede mirarse como una especie de abono natural, todos los que proceden de la descomposicion de los animales y de las plantas.

Pero como en razon á la índole de la obra no debemos tratar sino de aquellos que deban considerarse como parte integrante de la constitucion física del globo, pues son los que figuran en el cuadro de la ciencia geológica, dejaremos para tratados especiales de agricultura y de química agrícola todo lo relativo á estiércoles, excrementos, orinas, etc., limitándonos al guano por ser la única sustancia que entra en aquella categoría, ya que en cuanto al mantillo lo dimos á conocer considerado como la parte orgánica de la tierra vegetal.

Con el nombre de guano ó huano se designa una sustancia de color ceniciento ó gris claro, recien extraido; de una tinta roja oscura cuando es algo añejo; expuesto al aire despide un olor amoniacal muy marcado. El sabor que da es salado y picante, debido á la notable proporcion de amoniaco que contiene; con frecuencia se ven en él unas concreciones blancas que se deshacen entre los dedos, compuestas de carbonato de amoniaco. Cuando se le calienta despide olor amoniacal mas pronunciado, y toma un color oscuro.

Este abono, que tantos beneficios dispensa á la agricultura desde que se ha generalizado su uso, consta de los excrementos de aves mezclados con esqueletos y cuerpos enteros de las mismas, y de sustancias térreas y arenosas en mayor ó menor cantidad: forma depósitos considerables en varias islas de la América meridional, y particularmente en las de Chinche, cerca de Pisco, Iza, Ilo y Arica; en la de Galápagos, en algunas de la Patagonia, en otras de la costa de Labrador, y en las dependencias del Cabo de Buena Esperanza, en las de Ichaboe, Angra pequeña, Málaga y otras.

El guano forma criaderos en capas de 20 ó mas metros de grosor, lo cual puede dar una idea de su antigüedad, si se parte del supuesto, como quieren algunos, de que cubierta en toda su extension por las aves la superficie de dichas islas, se necesitaria el trascurso de 300 años para formarse un banco de un centímetro de espesor próximamente. En vista de este dato el guano debe considerarse como un gran depósito de coprolitos, ó sean excrementos fósiles de aves antidiluvianas, ó cuando mas, de séres cuya existencia data del principio del periodo cuaternario. En esta formacion, sin embargo, se nota un hecho parecido á las de la turba y arrecifes de coral, es decir, que funciona todavía en la época histórica la accion á que debe su existencia.

La composicion del guano es análoga á la de la palomina, con la diferencia de contener mayor cantidad de ázoe, de principios nitrogenados y de fosfatos térreos y sales alcalinas. Hé aqui los elementos de que aquel se compone:

	GUANOS DE AMÉRICA			GUANOS DE ÁFRICA		
	1	2	3	1	2	3
Agua	22,2	26,0	25,0	25,0	28,0	27,13
Materiales orgánicos que contienen ácido oxálico, úlmico, úrico, etc.	11,3	36,5	35,0	39,5	37,0	42,59 (ambas filas)
Amoniaco en estado de carbonato, urato, etc.	31,7	8,0	7,5	9,5	9,5	
Sales alcalinas fijas, cloruros, fosfatos y sulfatos	8,1	7,5	8,0	7,2	6,5	7,08
Fosfatos de cal y de magnesia	22,5	20,5	22,5	17,5	18,5	22,39
Oxalato de cal	2,6	»	»	»	»	»
Arena y materias térreas	1,6	1,5	2,0	1,3	0,5	0,81
Totales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

La notable desproporcion en la cantidad de sustancias amoniacales, es la causa de que el guano del Perú sea mucho mucho mejor que el africano.

El guano es un abono de los que los labradores llaman ardientes, porque su modo de obrar es muy enérgico, razon por la cual su accion es pasajera; por consiguiente conviene usarlo con prudencia, y renovarlo á menudo. Su influencia se funda principalmente en la gran cantidad de ázoe, de sales amoniacales, y de fosfatos y carbonatos que contiene. El mejor medio para hacer que sea duradera su influencia consiste en mezclarlo con yeso, pues este convierte las sales amoniacales en compuestos menos volátiles, impidiendo de este modo su evaporacion. En Inglaterra lo mezclan con cuatro veces su volúmen de tierra buena ó de mantillo, y tambien con ceniza comun ó de carbon de piedra, y produce admirables resultados.

Este abono conviene á todas las tierras; pero de un modo especial á las húmedas, pues en las secas y en las privadas de riego quema las plantas. En los prados y en las tierras de regadío produce muy buenos efectos. En toda la ribera del Júcar se sirven del guano para el cultivo del arroz, y obtienen cosechas sorprendentes.

En cuanto á la cantidad en que deba emplearse es muy variable; pero segun resulta de los numerosos experimentos y ensayos practicados en Inglaterra, en varios suelos y en exposiciones diversas, la proporcion media en tierras buenas, debe ser la siguiente:

Para cereales; por hectárea. . . .	250	kilógramos.
Para prados naturales y artificiales..	375	»
Para patatas, remolachas, nabos, etc.	375	»

2.°—*Abonos inorgánicos*

Pasando á la designacion de los abonos minerales ó salinos, debemos tener presente que todos son sustancias mas ó menos solubles en el agua y que obran sobre las plantas, activando su desarrollo por una especie de excitacion saludable cuando se aplican en dósis ó cantidad conveniente. Entre ellos los mas notables son el yeso, el fosfato de cal, las cenizas de todas especies, la sal comun, el nitrato de sosa, el nitro, la sosa, la potasa y otros, como la cal, y cloruro, el hollin de las chimeneas y varios sulfatos, etc., en que no nos debemos ocupar, bien sea por haber ya hablado de alguno de ellos, bien por no ser los otros de la incumbencia de este Tratado.

La aplicacion del yeso como abono estimulante de la vegetacion se debe al Sr. Mayer, el cual dió á conocer á la sociedad de Berna (Suiza) en 1765, el resultado de los experimentos hechos en Kupfersel en el canton de Argovia. La accion de este agente es tan eficaz para determinadas plantas, que con razon debe mirarse al doctor Mayer como un bienhechor de la humanidad. El célebre Franklin se valió de un medio muy ingenioso para introducirlo en los Estados-Unidos, y fué el de trazar con yeso en un campo de mielga cerca de Washington, é inmediato á una carretera muy frecuentada, la siguiente inscripcion: «Este campo ha sido enyesado.» Habiendo adquirido la vegetacion un desarrollo mucho mayor en los puntos ocupados por el yeso, que en el resto de la heredad, no solo pudo notarse de un modo claro y distinto la diferencia de lozanía en la planta, sino que ella misma explicaba la causa á que era debida. Los resultados de este experimento fueron coronados del éxito mas brillante, y el uso del yeso se generalizó con tal rapidez, y adquirió tal importancia, que escaseando esta sustancia en aquellas regiones, llegaron á importarlo de Paris por ser superior, y tambien de otros puntos.

Sin entrar á discutir acerca del modo de obrar de esta sustancia, tanto por no ser del dominio de este Tratado, y sí de uno de Química agrícola, cuanto por presentarse bastante oscura su influencia, no satisfaciendo del todo las teorías ó hipótesis inventadas por los ilustres Liebig, Bousingault y Davy, veamos las condiciones que ha de reunir una tierra para aplicarle este abono, y las plantas á cuyo cultivo conviene ó puede ser útil.

El yeso se usa crudo ó cocido; en el último caso privado del agua que contenia, se presenta en el estado pulverulento mas á propósito para producir sus efectos. Sin embargo, sus propiedades no varían por esto, y aun en general es preferible usarlo crudo por razon de economía.

Las dos condiciones mejores en las tierras para hacer uso de esta sustancia son una temperatura algo elevada y cierto grado de humedad; las lluvias abundantes le perjudican tanto como la sequía.

Los terrenos en que conviene mas el enyesado son los arcillosos, los calizos, los arenosos, y los del diluvio, particularmente cuando predomina el lehm: en los de aluvion ó de acarreo modernos parece que no prueba tanto. De todos modos, hay que tener presente que el yeso no produce sus efectos en terrenos pobres, y que tampoco puede reemplazar á los abonos orgánicos, como equivocadamente pretenden algunos. Por el contrario, esta sustancia necesita la intervencion de estos, sin los cuales su accion es escasa ó nula; principio en el que se funda la práctica que siguen muchos agricultores, de mezclarla con estiércoles ó con mantillo.

En cuanto á las plantas á cuyo cultivo conviene sobremanera el uso del yeso, las principales son la mielga, el pipirigallo, el trébol, la algarroba, los guisantes, y tambien el tabaco, las berzas, la colza, el cáñamo, el lino ó trigo morisco, etc. Su influencia es casi nula en los cereales; y aun creen algunos que sucede lo propio en los prados naturales.

El fosfato cálcico es un abono que ejerce sobre los cereales la misma influencia que el yeso para las leguminosas en general. Esta sustancia en estado nativo es escasa en las tierras; pero la energía de su accion es tal, y tantos los beneficios que de su uso reporta la Agricultura, que en Inglaterra se han establecido muchas fábricas con el solo objeto de beneficiar la parte de fosfato que contienen los coprolitos ó excrementos fósiles y ciertos nódulos que se encuentran en el crag y en otras formaciones. En estado nativo, ó como roca independiente, que es cuando con mas propiedad se llama fosforita, podemos decir que España, y en especial Extremadura, es casi la única region que la posee; en el pueblo de Logrosan se halla esta materia en las condiciones que indicamos al describir el terreno silúrico.

Pero á falta de la sustancia en este estado, el agricultor puede encontrar tan excelente abono en las carnes, en las raspaduras del cuerno, en la crin, y en especial en los huesos de animales, que lo contienen en tanta mayor proporcion, cuanto mas viejos. Tambien la paja de los cereales, así como las habas, los guisantes, las judías, y otras legumbres lo contienen en cantidad notable. En esto se funda precisamente el uso que se hace en muchos puntos de todas estas sustancias como abonos de gran precio.

Este hecho curioso, y la especie de antagonismo que ofrecen los cereales y las legumbres, ha servido de motivo para una práctica, que en general se considera como muy buena, y es la rotacion de las cosechas. Esta consiste en sembrar el mismo campo un año ó dos de cereales, y otro ú otros de legumbres; y se funda en que, como estas consumen el yeso, que de nada sirve á aquellas, y dejan por el contrario, el fosfato, que es el agente importante para su desarrollo, resulta que cada planta encuentra siempre en el terreno los elementos que necesita.

El fosfato de cal, por sí, es poco ó nada soluble; pero

además de que la pequeña parte que se disuelve es suficiente para la vegetacion, se observa que el ácido carbónico que se forma en virtud de la accion del oxígeno de la atmósfera sobre el mantillo, favorece notablemente su solubilidad.

En general el fosfato nativo, así como las sustancias que lo contienen, como por ejemplo, los huesos y las astas y cuernos, conviene usarlos en polvo ó raspaduras no solo por la comodidad de la operacion, distribuyéndose con mas igualdad en el campo, sino tambien porque de esta manera su accion es mas directa y eficaz.

La ineficacia del fosfato de cal nativo, puede atribuirse, segun Boblique, 1.° á la gran cohesion de esta sustancia, que hace la asimilacion muy difícil cuando no se determina por agentes naturales; procurar remediar este inconveniente tratando los nódulos por ácidos minerales enérgicos; pero este medio, por sí ya costoso, es perjudicial en los terrenos que no contienen bastantes bases para saturar el exceso de ácido que ha debido emplearse para obtener la disolucion del fosfato cálcico.

2.° A la ausencia de la sílice soluble. En efecto, la sílice es tan indispensable á los cereales como el ácido fosfórico; forma su esqueleto, y se atribuye con razon á su ausencia el accidente al cual se da el nombre de encamarse. Si el suelo no contiene una cantidad suficiente de sílice asimilable, la caña no puede adquirir las cualidades necesarias para que la recoleccion llegue á su término, y los fosfatos que pudieran añadirse á una tierra colocada en estas condiciones serian inútiles. Estos datos me han guiado en el trabajo sobre un medio propio para asegurar el empleo útil de los nódulos.

Los nódulos se pulverizan y mezclan con el 50 por 100 de su peso de sal marina; doy para este empleo la preferencia á la destinada á la salazon de la merluza ó de los cueros, cuyo precio en nuestros puertos es muy ínfimo. Esta mezcla se lleva á los cilindros y á los hornos á una temperatura inferior al rojo, en presencia de una corriente de vapor de agua.

Si, como acontece algunas veces, los nódulos no contienen una cantidad suficiente de sílice, es necesario aumentar su proporcion por una adicion anterior.

La reaccion de la sílice sobre el cloruro sódico en presencia del vapor de agua es conocida; se forma silicato sódico y ácido clorhídrico. En este caso particular, este último lleva su accion sobre el fosfato cálcico, al cual quita dos equivalentes de cal para dar nacimiento al cloruro cálcico y al fosfato ácido de la misma base; sin embargo, todo el ácido fosfórico no se combina con la cal; se forma algunas veces una cantidad bastante considerable de fosfato sódico. Creo que este último producto es debido, sobre todo, á la descomposicion del fosfato ferroso; este metal se encuentra en estado de óxido férrico, cristalizado en pajitas, como se ha observado desde hace algun tiempo calcinando el sulfato ferroso y el cloruro sódico.

La misma operacion da silicatos y fosfatos, que se encuentran secos, sin exceso de ácido y que pueden ceder á las plantas no solo la sílice y el ácido fosfórico, sino tambien una gran cantidad de álcali.

Lo de todo punto indispensable es que tanto el fosfato de cal como la sílice se pongan en condiciones de penetrar en el tejido de las plantas; y esto no puede conseguirse sino por medio de aquellos cuerpos que reaccionando sobre ellos, determinen su solubilidad; pues esta es circunstancia sin la cual no puede verificarse la absorcion por las raicillas de las plantas. El cuerpo que determina dicha solubilidad, es el ácido carbónico, verdadero disolvente de los fosfatos y silicatos, dejando el ácido silícico en el estado que llaman los químicos naciente y soluble; ahora bien, no siendo bastante para producir estos resultados el que procedente de la atmósfera se pone en contacto con la tierra, ó penetra en su interior, se hace indispensable echar mano de sustancias orgánicas, cuya descomposicion suministra diferentes cuerpos, y principalmente el de que nos estamos ocupando.

Para que esta descomposicion se verifique, es indispensable el concurso del aire, de la humedad y del calor; determinando el agua además, la disolucion del ácido carbónico, que á su vez determina la descomposicion de los silicatos y fosfatos, siendo esta una de las razones del gran beneficio de las lluvias; pues aunque se forme en el estiércol y demás abonos orgánicos dicho ácido, no existiendo agua que lo disuelva, este pasa á la atmósfera sin determinar los resultados que se apetecen.

En esta teoría, ó en estos principios deducidos severamente de la experimentacion química, se funda el ventajoso uso de los abonos artificiales, por cuanto en ellos se contienen todos los principios nutritivos de las plantas, en estado soluble ó sea asimilable. Para esto se preparan atacando los fosfatos naturales, ó de las materias animales, por el ácido sulfúrico; con lo cual quedan disueltos este, el fosfórico y la cal; agregando, en forma de sales solubles, la potasa y la magnesia, prescindiendo de la sosa y óxido de hierro, por hallarse en el suelo en mayor cantidad que la exigida por las plantas.

Dado este estado de cosas, estos abonos no necesitan grandes cantidades de ácido carbónico; puesto que sus principios nutritivos son solubles en el agua pura, y la pequeña cantidad de este ácido, que se forma por la combustion y el que es arrastrado por el agua de lluvia, concurren para disolver los elementos que en el suelo se encuentran en estado insoluble, es decir, que actúan sobre los fosfatos y silicatos del terreno.

El amoniaco, principio nutritivo de gran importancia en la vida vegetal, se encuentra en estos abonos á veces en estado de sulfato procedente de las fábricas del gas del alumbrado. Algunos fabricantes preparan el amoniaco destilando la materia orgánica, carne ó sangre desecada, sustancia muy rica en ázoe. En esta destilacion la materia orgánica, descompuesta á una temperatura poco elevada, da lugar al carbonato amónico y á un residuo formado por las sales que contiene, mezclado con una cierta cantidad de carbono, que se halla en un gran estado de division, y por lo tanto fácil de convertirse en ácido carbónico, que obra además sobre los principios insolubles que contiene el suelo.

Se ve, pues, que los abonos minerales, cuando contienen todos los principios nutritivos que necesitan asimilar las plantas, reunen condiciones favorables para la vegetacion y además la ventaja de no necesitar, para que se realicen las funciones de la vida vegetal, tanta cantidad de agua como los abonos orgánicos.

Dejando para obras especiales de agricultura y de química, la ampliacion de estos datos, veamos qué otras sustancias pueden emplearse como abonos naturales.

Las cenizas, y mejor detritus de turba, producen excelentes resultados como poderoso estimulante de la vegetacion, especialmente para el cultivo del trébol, de las plantas que se emplean para prados artificiales, para el lino, lúpulo y otras muchas, en razon á la potasa, sosa, sulfato de potasa que contienen, así como tambien pueden emplearse como excelente mejoramiento de las tierras fuertes ó arcillosas, por la parte de caliza y sílice que contienen. Esta sustancia se emplea con muy buen éxito en el norte de Francia, Inglaterra, Bélgica y Holanda; en cuyo último país utilizan la que ha permanecido algun tiempo en el mar, ó en los pól-

ders, observándose que es más eficaz su accion por los cloruros que contiene. En nuestro litoral seria de desear se empleara este abono, que es abundante desde Torreblanca y Oropesa hasta Almenara y el Puig en Valencia; y tambien en las marismas del Guadalquivir, y en otros muchos puntos, donde no escasea la turba. Mezclada esta sustancia con la marga, la cal ó el estiércol, produce muy buenos efectos; debiendo llevarse á los campos en tiempo de la primavera.

Las mal llamadas cenizas de lignito, pues no son sino los productos de su alteracion determinada principalmente por la descomposicion de las piritas de hierro y cobre, que suele contener en abundancia, se emplean tambien, con buen éxito, por la caliza y arcilla, por la sílice y los óxidos y sulfatos de hierro que contienen, efecto de las reacciones químicas que en su seno se verifican; por otra parte, dan mas calor á las tierras por la coloracion oscura que les comunican; matando además los insectos y ahuyentando á los ratones, por el olor fuerte que despiden y las propiedades cáusticas que caracterizan este abono, que es excelente para prados artificiales, y para el cultivo de la mielga, remolacha, cereales, etc.

Aunque no de tanta eficacia como las que acabamos de indicar, sin embargo, los despojos y el polvo de la ulla tambien se emplean con ventaja en tierras yesosas y albarizas, en las cuales contribuye á moderar la reflexion de la luz, aumentando de consiguiente su temperatura

Tocante á la sal comun, su uso ó aplicacion á la agricultura ha sido objeto de muchas controversias; considerándola unos como excelente para toda clase de plantas, y mirándola otros como perjudicial.

En absoluto, no es verdad ninguno de estos extremos; pues mientras hay plantas, las llamadas Halófilas, que no pueden vivir sino en localidades donde este elemento abunda, la esterilidad que dicha sustancia comunica á las tierras es tal, sobre todo cuando se halla en abundancia, que ya en los libros sagrados se refiere, que como señal de reprobacion, solia cubrirse de sal la superficie de una ciudad ó fortaleza rebelde, despues de arrasarla.

Sin embargo, la accion benéfica del cloruro de sodio está demostrada en la notable riqueza de los pólders de Holanda, donde tanto abunda; la justifica tambien el ventajoso aprovechamiento de la tanga y arenas del mar, y el uso frecuente que se hace en Alemania y demás países del Norte de la salmuera, del arenque, sardina y otros pescados, así como el residuo de las salinas y canteras de sal. Pero para que la aplicacion de esta sea útil, conviene proceder con conocimiento y prudencia, así en la cantidad en que debe usarse como en las plantas que la necesitan. La primera condicion que ha de concurrir para ello es que haya un cierto grado de humedad, así en el suelo como en la atmósfera, sin lo cual dicha sustancia ejerce una accion corrosiva y destructora. Lo notable es que mientras una corta dósis de sal aplicada sobre las hojas en tiempo seco las destruye y acaba por matar la planta, disuelta en el agua, puede penetrar por las raíces en gran cantidad sin producir efectos notables. De modo que, como dice con mucha oportunidad Girardin, la sal en corta cantidad y el agua, son los dos elementos que se necesitan combinar para obtener forrajes excelentes. Sin embargo, segun consta de las observaciones de Becquerel, esta sustancia es perjudicial á las plantas durante su germinacion; mientras por el contrario, su influencia es muy útil al tiempo de nacer, circunstancia que deberá tenerse en cuenta para escoger la época en que deba emplearse este abono.

En cuanto á los terrenos en que conviene usarlo, es menester que sean arcillosos y calizos, es decir, en las tierras húmedas, para que á beneficio de este agente, el ácido carbónico pase á carbonato de sosa, cuya accion sobre las plantas es muy eficaz, como lo demuestra el uso de las cenizas y lejías.

Cuando se desee emplear la sal en un terreno que esté privado de caliza, que la contenga en escasa cantidad, deberá mezclarse con materias que la poseen en razon de dos partes de esta por una de aquella, compuesto que produce muy buenos efectos. Tambien conviene mezclarla en pequeñas dósis con los estiércoles ó con el mantillo y restos vegetales. Pero el mejor medio indudablemente de proporcionar á los terrenos la sal es hacer que la coman antes los ganados ó los animales de que se sirve el agricultor para las labores, pues así pasa por medio de las orinas y excrementos, pudiendo asegurar que bajo esta forma nunca llega á perjudicar á las plantas.

Las plantas de forraje y las cereales son las que mas apetecen este abono. En cuanto á las sales amoniacales, importantes por la cantidad de ázoe que suministran á las plantas en estado de carbonato, única sal que puede penetrar y servir al desarrollo de los tejidos vegetales, ora se eche directamente mano de él, ora resulte de la reaccion del ácido carbónico de las tierras sobre las otras sales, poco ó nada tenemos que decir, por no ser en rigor del dominio de la Geología.

La importancia de estas sustancias estriba en la cantidad de ázoe que suministran, aumentando por otra parte la fuerza absorbente y asimilatriz de las plantas respecto del ázoe de la atmósfera, y facilitando tambien la absorcion que las raíces ejercen sobre las bases minerales del suelo. Pero para que estas sustancias produzcan el primero de estos efectos, se necesitan dos condiciones á saber: 1.ª Que el suelo contenga principios calizos. Y 2.ª que no sea húmeda ni la tierra, ni la estacion, pues con el agua se aumenta la evaporacion, y desaparecen con facilidad los elementos amoniacales. Conviene además alternar el uso de estas materias con abonos ricos en potasa, cal, magnesia, sílice y fosfato, con el objeto de restituir al suelo dichos elementos que hacen desaparecer las combinaciones y reacciones de aquellos.

Las mismas consideraciones que acabamos de exponer en el párrafo anterior, nos harán ser muy breves en la descripcion de estos abonos.

La accion de los nitratos, segun ha demostrado Kuhlmann, es muy análoga á la de las sustancias amoniacales; y si á esto se añade el que la mayor parte de la influencia de los yesosos y escombros sobre la vegetacion es debida á la presencia de aquellas sales, esta consideracion nos dispensa de entrar en mayores detalles, pues seria una repeticion inútil. La potasa ó el óxido del metal potasio, resultado de su combinacion con el oxígeno, es uno de los estimulantes mas poderosos de la vegetacion, y la necesidad que de ella tienen las plantas, lo demuestra la proporcion en que se encuentra en muchas de ellas; de lo cual debe deducirse su existencia en la mayor parte de las tierras vegetales, así como la utilidad que puede reportar la Agricultura de su uso. En el suelo efectivamente se halla en alguna abundancia, casi siempre en estado de carbonato y bicarbonato, resultado de la descomposicion de los granitos, de muchos pórfidos, y de otras rocas de base de feldespato comun.

La influencia de este agente en la vegetacion se confirma sobre todo en la yerba que crece con vigor sobre los detritus de granito en puntos húmedos, sin la intervencion de ningun otro abono. Su accion es tan poderosa que segun cálculos de Liebig, la mezcla de una milésima parte de arcilla, y el resto de cuarzo, bastará para alimentar un bosque de pinos durante un siglo; el mismo químico asegura que un metro cúbico de

feldespato provee de potasa durante mas de trescientos años á un bosque de encinas que ocupe 2,500 metros de superficie.

Las tierras procedentes de la descomposicion de las rocas indicadas contienen la potasa en proporcion notable, de consiguiente el agricultor podrá echar mano de sus detritus como abono; aunque generalmente es mejor valerse de las cenizas ó de sus lejías, pues en ellas abunda tambien mucho la mencionada base.

Por lo que respecta á la sosa ó sea al óxido del metal sódio, aunque no tan comun en las tierras como la anterior, procede tambien de la descomposicion de muchas rocas feldespáticas de base de albita y oligoclasa, esto es, de la mayor parte de las rocas volcánicas. Las aguas del mar la contienen en gran cantidad, lo mismo que la cal comun. Su modo de obrar es análogo al de la potasa, si bien mas enérgico, por cuya circunstancia conviene usarlo con mucha prudencia. En general puede decirse que la fertilidad de los terrenos volcánicos depende en gran parte de la presencia en ellos de esta materia, lo cual confirma la idea que emitimos respecto de la importancia de las cenizas ó detritus volcánicos considerados como abonos.

Por otra parte, casi toda la sosa que se emplea en agricultura procede de las aguas del mar ó de la sal comun, siendo preferible bajo esta forma.

Aquí concluye la descripcion de las sustancias minerales que el agricultor puede emplear para mejorar ó abonar sus campos: para completar todo lo relativo á Geología agrícola, falta indicar los terrenos en que se hallan de preferencia estas sustancias.

ARTÍCULO III

TERRENOS EN QUE SE HALLAN LOS MEJORAMIENTOS Y ABONOS

Aunque en rigor, las indicaciones hechas al final de la descripcion de cada roca, al mencionar sus aplicaciones, y al enumerar los materiales útiles de los terrenos, podrian bastar á nuestro objeto, sin embargo, con el fin de reunir en un solo artículo el catálogo de las sustancias que en cada período geológico puede encontrar el agricultor para satisfacer las necesidades de sus tierras, pasaremos revista á cada uno de los terrenos, en párrafos separados, como se hará al tratar de los criaderos generales en la Geología industrial.

1.° — *Terrenos modernos*

En los terrenos modernos hallará el agricultor entre las sustancias que puede emplear como mejoramientos, la cal excelente de la toba caliza ó travertino; las arenas, gravas, chinas calizas ó silíceas, en el curso de los rios, en su desembocadura, en los alfaques y en todos los depósitos de acarreo; las arcillas y demás productos de la descomposicion reciente de las rocas cristalizadas y volcánicas que ocupan la superficie, y sujetas de consiguiente á la accion de los agentes exteriores.

Entre los abonos estimulantes, los terrenos, ó mejor las formaciones recientes le suministran el guano, la turba, el yeso y la sal que se encuentran á menudo en los azufrales y aun en los volcanes activos: la sosa y potasa, la sílice, la alúmina y otros agentes muy activos, en los detritus de las rocas graníticas y volcánicas. La tanga, el merl y los demás materiales ricos en principios animales que se encuentran en las rias y en las costas.

2.° — *Terreno cuaternario*

En el terreno cuaternario se hallan las mismas sustancias que en los anteriores, y á mas el lehm ó cieno diluvial. Los depósitos de los glaciares antiguos, y los canchales pueden suministrar buenos mejoramientos por su procedencia, en general, de rocas ricas en sustancias alcalinas. La descomposicion de los basaltos, traquitas y otros productos volcánicos contemporáneos de la época diluvial, proporcionan muchos materiales como arcillas, arenas, gravas, cenizas volcánicas, etc., etc., de que el agricultor se servirá con ventaja para abonar y mejorar sus campos.

Respecto á las condiciones agrícolas de este terreno, creemos haber dicho lo suficiente al trazar su descripcion donde se dijo que las regiones en que abundan el lehm ó cieno diluvial pueden reputarse como privilegiadas bajo el punto de vista agrícola.

3.° — *Terrenos terciarios*

Estos terrenos ofrecen en cada uno de sus tres pisos, subapenino, falúnico y nummulítico, gran número de sustancias útiles á la agricultura. Las rocas, compuestas en gran parte de restos de conchas, zoófitos, huesos y excrementos fósiles, que tanto abundan en los tres tramos, y notablemente en el superior y medio, bajo la denominacion de falun, crag, etc., en estado de mayor ó menor disgregacion, sirven al propio tiempo de mejoramiento por la parte de arenas silíceas y de caliza incoherente que contienen, y de abono por la parte animal, por los fosfatos, etc., que tanto abundan en ellas. Todavía se halla en la parte superior de estos terrenos algo de turba, y además en él empieza á manifestarse y adquiere gran desarrollo en el piso inferior, otro combustible, el lignito, que, en especial, cuando abunda en pirita, da por resultado de su descomposicion un abono de muy buena calidad. Las margas, las arcillas, las calizas y los productos volcánicos, traquíticos y basálticos, el peperino, las tobas, etc, que con tanta profusion se encuentran en estos terrenos, sirven de excelentes mejoramientos. El yeso y la sal comun ó de montaña, que tanta importancia industrial dan á los terrenos terciarios, es sabido que se emplean como abonos sumamente enérgicos y eficaces.

En cuanto á las condiciones agrícolas de estos terrenos, dice con mucha oportunidad el Sr. Boubé que son los mas importantes, y que tal vez la mitad de las producciones ó de las subsistencias proceden de tierras vegetales en suelos terciarios. En confirmacion de ello, estos terrenos representan las regiones mas fértiles y habitadas: esto consiste en que, en general, dichos terrenos son el resultado de grandes aluviones, que obrando sobre rocas ígneas y de sedimento, de épocas muy diversas, han determinado la mezcla de sustancias muy variadas, de naturaleza cuarzosa, feldespática, micácea, caliza, magnésica, tálcica, yesosa, fosfórica, ferruginosa, etc., condicion en que estriba la mayor fertilidad de un terreno.

En algunos puntos, sin embargo, por circunstancias especiales esta mezcla no se ha verificado, resultando formaciones areniscas, calizas, ó de cualquiera otra naturaleza, cuya homogeneidad se da á conocer por la aridez y malas cualidades de dichas tierras.

4.° — *Terrenos secundarios*

De los terrenos que en su conjunto representan la época llamada secundaria, el superior, llamado cretáceo, suministra á la agricultura como mejoramientos y abonos, la creta, que segun Boubé es la mejor de todas las margas; mucha marga y calizas arcillosas que la pueden reemplazar; pizarras negras, arcillosas ó de base de marga, algo bituminosas, correspondiente en parte á lo que los suizos llaman flisch, que en

muchos puntos, y en especial en las Provincias Vascongadas, se destinan para margar las tierras con buen éxito; algunos yesos, y particularmente la caliza pura, que suministra una cal grasa de superior calidad. Las calizas y arenas verdes son muy abundantes y excelentes como mejoramiento, por la parte de silicato de hierro que contienen. La descomposicion de las rocas eruptivas ofíticas, la Dolomia y el yeso que las acompañan con frecuencia, son una de las riquezas agrícolas de este terreno. Por último, el fosfato cálcico, aunque casi siempre combinado con el de hierro, que se presenta en forma de nódulos entre los estratos de la creta, á la manera de pedernal, en muchos puntos sirve de abono excelente.

Las condiciones agrícolas del terreno cretáceo son tan varias como los materiales de que consta. En general, en los puntos en que predomina el piso weáldico, del gault ó de la arenisca verde, se nota una rica vegetacion; mientras que en aquellos en que solo existe la creta, es árida y estéril, á no hallarse cubierta de alguna buena capa de terreno diluvial ó de acarreo.

En cuanto al terreno jurásico, no ofrece sino las sustancias comunes indicadas ya en los anteriores, como la caliza en grandes bancos, las arcillas muy abundantes y algun depósito de combustible cuyas cenizas pueden utilizarse como mejoramiento.

Las condiciones agrícolas de este terreno tampoco son las mas á propósito para el cultivo, pues el predominio de gruesos bancos de calizas compactas y de arcillas, determinan tierras mas ó menos impermeables, sobre subsuelos ó rocas subyacentes demasiado duras y á veces tambien impermeables. Estas condiciones, sin embargo, suelen dar excelentes tierras para prados, como se observa en la Normandía. En aquellos puntos en que el terreno está accidentado, como sucede en el Jura y en los valles estrechos en donde se acumulan ó depositan materiales de naturaleza diversa, la vegetacion suele ser vigorosa.

El terreno del trias, que termina por abajo el período secundario, compuesto de los tres órdenes de capas indicados en su descripcion, ofrece como sustancias dominantes y que pueden emplearse como mejoramientos, la caliza del muschelkalk, excelente cuando se presenta en descomposicion por el gran número de fósiles que contiene y por la buena cal que suministra; las margas y arcillas del keuper, y las arenas, resultado de la descomposicion de las areniscas del piso inferior; como abonos pueden servir la sal y el yeso.

En general, la vegetacion de este terreno es pobre; y por la abundancia de los depósitos de sal y de fuentes saladas y del yeso, su vegetacion participa del carácter de plantas halófilas que en él predominan.

5.°—*Terrenos primarios*

El período primario se divide generalmente en cuatro terrenos y son el pérmico, carbonífero, devónico y silúrico. En el primero se encuentran pocas sustancias útiles á la agricultura, si exceptuamos las arenas, las pizarras arcillosas cuando se presentan descompuestas, y las calizas que tambien suelen ser comunes. La vegetacion es igualmente pobre por cuanto en general los elementos se presentan aislados y ocupando grandes extensiones de terrenos, razon por la cual el único ó casi exclusivo cultivo á que se prestan es al de los bosques de pinos ó encinas. Las numerosas dislocaciones que ofrece este terreno, hacen, sin embargo, que con frecuencia se presenten á la superficie sustancias con las que pueden corregirse sus malas cualidades.

El terreno carbonífero suministra la ulla cuyas cenizas se emplean como abono; las pizarras arcillosas y bituminosas que tambien pueden destinarse al mejoramiento de muchas tierras; la caliza, que bajo el nombre de carbonífera ó de montaña ocupa la base, tambien puede destinarse al mismo objeto. Además, en este terreno se encuentran una porcion de rocas eruptivas, particularmente pórfidos, cuyos detritus pueden emplearse como mejoramiento.

Por último, los terrenos silúrico y devónico, compuestos en su mayor parte de pizarras y de areniscas, conglomerados, cuarcitas y calizas, suministran todos estos elementos y el carácter de su vegetacion varía con el de los materiales que los componen. En ellos abundan extraordinariamente las rocas eruptivas, entre las cuales figuran en primera linea el granito y los pórfidos; su descomposicion suministra arenas y arcillas cargadas de principios alcalinos cuya influencia en la vegetacion es bien notoria.

Las relaciones de estos últimos términos de la serie de los terrenos de sedimento son tales, que difícilmente pueden separarse, sobre todo considerados bajo el punto de vista de sus aplicaciones á la agricultura.

6.°—*Terrenos graníticos y porfídicos*

Los terrenos granítico y porfídico, en razon á la naturaleza variada de sus elementos y á la facilidad con que se descomponen, suministran una porcion de productos á la agricultura como mejoramientos y abonos excelentes. En el primer caso se hallan las arenas, las gravas y las arcillas; y en el segundo los carbonatos de sosa y de potasa, la sílice y la alumina, elementos preciosos para el cultivo.

Las condiciones físicas de este terreno, la consistencia de las rocas subyacentes, generalmente de la misma composicion, comunican un carácter particular á las plantas que en él se cultivan, que en general son de prados; tambien se prestan para bosques.

7.°—*Terrenos volcánicos*

Los materiales que las formaciones traquítica, basáltica y lávica suministran á la agricultura, y el carácter que comunican á la vegetacion, los hemos indicado al trazar la historia de aquellos terrenos de sedimento de cuya constitucion son contemporáneos ó posteriores. Esto y los detalles que se expusieron en la descripcion de los terrenos volcánicos en la Geognosia, nos dispensan de entrar en mayores detalles.

Aquí termina la historia de las indicaciones preciosas que la Geología puede suministrar al agricultor respecto de las materias de que puede echar mano y de los terrenos en donde las puede hallar. Para completar todo lo relativo á la Geología agrícola deberíamos tratar ahora de las nociones de hidrografía indispensables para procurársele el mas poderoso auxiliar de la vegetacion, esto es, el agua; pero como esto lo consideramos como un ramo de industria, lo trataremos en el capítulo siguiente.

CAPITULO II

GEOLOGIA INDUSTRIAL

ASOCIACIONES Y CRIADEROS DE LOS MINERALES

Descritas en detalle todas las sustancias minerales que por su abundancia desempeñan un papel principal en la composicion del globo bajo la denominacion general de rocas, y conocidos sus agrupamientos en formaciones y terrenos, veamos cuáles son los inmediatos resultados prácticos de este estudio.

El primer hecho curioso que debe apuntarse en esta materia es, que en virtud de la armonia de las leyes que rigen la materia, así orgánica como inorgánica, los minerales, léjos de estar esparcidos al acaso y sin órden alguno en el globo, se agrupan en familias ó asociaciones tan naturales por la afinidad ó especie de parentesco, si se permite decirlo así, que los une, como las de los vegetales y animales. El conocimiento de las relaciones de los minerales (1) es de grande utilidad, así práctica como especulativa, ya que por una parte la presencia de una sustancia nos puede hacer sospechar la de otra ó su incompatibilidad con la que forma el objeto de nuestras indagaciones, mientras que bajo otro punto de vista, es la mas plena confirmacion de la armonía de las leyes que rigen la materia. Esta armonía es tal, que no solo existen relaciones de afinidad entre los elementos de las aguas minerales, y los criaderos metalíferos, y entre estos y los de las emanaciones volcánicas y los terrenos cristalinos, y entre todos los que forman la base de la organizacion de los animales y plantas, sino que las hay tambien á no dudarlo, entre los cuerpos mas esenciales á la composicion del globo y los de los otros planetas. Hecho importantísimo, que tiende á probar la uniformidad de la materia en el Universo, y que se funda en la suposicion, hoy dia generalmente admitida, de que los aerolitos ó piedras atmosféricas, son pequeños planetas ó fragmentos de otros, que vagando en el espacio, caen á la superficie de la tierra en el momento en que entran en la esfera de atraccion de este planeta. Las numerosas análisis que se han hecho de estas piedras, demuestran lo que acabamos de indicar; y para persuadirse de ello, como para tener una idea de los diferentes géneros de relaciones que quedan consignadas, copiamos en la columna siguiente el cuadro que acompaña á la Memoria del Sr. Elie de Beaumont, sobre esta materia en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, año de 1847.

Diversas y muy importantes son las consecuencias que se desprenden del exámen y comparacion de este curioso cuadro; pero por el momento, solo debo llamar la atencion hácia el enlace que demuestra tener la Geología, esta hermana menor de las otras ciencias, como la llama con oportunidad el citado geólogo, con todas ellas, y muy particularmente, tambien, hasta la conexion tan íntima que existe, como demostraremos mas adelante, entre los filones de todas especies, las fuentes minerales y los productos volcánicos. Con

CUADRO

DE LA DISTRIBUCION DE LOS CUERPOS SIMPLES DE LA NATURALEZA

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Cuerpos los mas abundantes en la superficie del globo.	Rocas volcánicas actuales...	Rocas volcánicas antiguas...	Rocas básicas ó medias......	Granitos.................	Filones estanníferos...........	Filones ordinarios y geodas.	Fuentes minerales..........	Emanaciones volcánicas....	Radicales nativos...........	Aerolitos.................	Cuerpos orgánicos...........
1	Potasio	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
2	Sodio	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
3	Litio					•	•		•				
4	Bario						•	•	•				
5	Estroncio							•	•				
6	Calcio	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
7	Magnesio	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•
8	Itrio					•	•						
9	Glucinio					•	•	•					
10	Aluminio	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
11	Zirconio					•	•						
12	Torio					•							
13	Cerio					•	•						
14	Lantalo					•	•						
15	Didimio					•	•						
16	Urano					•	•	•					
17	Manganeso	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
18	Hierro	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
19	Niquel						•	•				•	
20	Cobalto				•	•	•	•		•		•	
21	Zinc				•	•	•	•					
22	Cadmio					•	•	•					
23	Estaño				•	•	•	•					
24	Plomo				•	•	•	•		•	•	•	
25	Bismuto				•	•	•	•			•		
26	Cobre				•	•	•	•	•	•	•	•	
27	Mercurio							•	•		•		
28	Plata				•	•	•	•			•		
29	Paladio				•	•	•	•			•		
30	Rodio				•						•		
31	Rutenio				•						•		
32	Iridio				•						•		
33	Platino				•			•			•		
34	Osmio				•						•		
35	Oro				•	•	•	•			•		
36	Hidrógeno	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
37	Silicio	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
38	Carbono	•				•	•	•	•	•	•	•	•
39	Boro					•	•	•	•	•			
40	Titano		•	•	•	•	•	•					
41	Tantalo					•	•						
42	Nobio					•	•						
43	Pelopio					•	•						
44	Tungsteno					•	•						
45	Molibdeno					•	•	•					
46	Vanadio						•						
47	Cromo				•	•	•	•				•	
48	Teluro						•	•			•		
49	Antimonio						•	•			•		
50	Arsénico				•	•	•	•	•	•	•		
51	Fósforo	•		•	•	•	•	•	•			•	•
52	Azoe	•						•	•	•	•	•	•
53	Selenio						•	•		•	•	•	
54	Azufre	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
55	Oxigeno	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
56	Yodo							•	•				
57	Bromo							•	•				
58	Cloro	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•
59	Fluor	•	•	•	•	•	•	•	•				•
	TOTAL	16	14	15	31	43	48	42	25	18	20	21	16

(1) Algunos refranes de nuestro riquísimo idioma expresan admirablemente estas asociaciones y repulsiones de los minerales, como por ejemplo: «Donde hay yeso y cal no hay mineral,» refiriéndose indudablemente á la falta ó escasez de metales donde dominan aquellos elementos geognósticos.

efecto, pues si se examina detenidamente el cuadro se verá, que salvas muy cortas excepciones, la lista de los cuerpos simples ó elementales de cada una de las indicadas casillas, es la repeticion ó extracto de la de las demás, lo cual prueba la singular armonía que preside á estos órdenes de fenómenos, que aunque distintos en apariencia, son resultado de la accion y reaccion en diferente escala y rumbo, si se quiere, de unos mismos agentes químicos.

Tambien puede deducirse de la inspeccion del cuadro anterior, este otro principio trascendental, á saber: que cualquiera que haya sido la naturaleza de la química primitiva terrestre, es indudable que muchos de los cuerpos simples, fueron secuestrados, por decirlo así, fijándose en las rocas mas antiguas, sin que hayan vuelto á presentarse de nuevo en accion. Esto, que por una parte demuestra el cambio gradual que ha experimentado la marcha de los fenómenos geológicos, por otra es la mayor, tal vez, de las maravillas de la naturaleza; pues precisamente los elementos que se fijaron en los primeros períodos, son los que mas directamente hubieran impedido la aparicion de la vida en la superficie terrestre. La comparacion de la primera y última casilla viene á ser la mejor contraprueba de este hecho singular, pues en las dos figuran los mismos elementos.

Veamos ahora qué utilidad puede proporcionar el conocimiento de estas relaciones. Además de lo mucho que se facilita por este medio el estudio de los minerales y el modo como se han formado, en el terreno de la práctica puede evitar el fraude y el engaño, tan comunes por desgracia hoy, en las especulaciones de minas. Con efecto, el dia en que se divulguen estas nociones tan elementales de la ciencia, y que en su virtud se sepa que el oro, la plata, el plomo, el hierro, el cobre y las otras sustancias útiles, van acompañadas de tal ó cual otra materia, no será tan fácil engañar á ciertas gentes, víctimas hoy de su propia ignorancia; pues para ello será menester que cada mineral se presente con su correspondiente cortejo, cosa que no siempre es fácil y hacedera. Verdad es que todo el engaño no estriba en esto, pero el tener conocimiento de estas asociaciones, es ya una verdadera garantía.

Las asociaciones de los minerales se refieren unas á la afinidad que reune á determinadas sustancias entre sí, y otras á las que las enlazan con los terrenos ó formaciones en que se encuentran. Estas dos especies de relaciones las expresó perfectamente el señor Espiñeira (1) con los nombres de compañeros y criaderos, refiriéndose al agrupamiento de ciertos minerales en familias, y á la relacion de estos con los terrenos en que se hallan. Trataremos, pues, en dos artículos separados de esta materia tan trascendental, intercalando despues del primero, una breve reseña de las teorías que se han inventado para explicar la formacion de los criaderos metalíferos. Por desgracia, hasta el presente no se ha tratado de dar una razon científica del segundo género de asociacion, ó sea de los compañeros; de consiguiente en cuanto á esto nos limitaremos á consignar las muchas y notables particularidades que ofrece.

ARTÍCULO PRIMERO

CRIADEROS

Los criaderos son aquellos puntos del globo en donde se formaron y existen hoy las sustancias minerales que el hombre busca para satisfacer algunas de sus necesidades: divídense en generales y particulares.

Los criaderos generales están representados por las rocas que entran en la composicion de los diferentes terrenos: los particulares son meros accidentes de aquellos, y los forman las sustancias metálicas (exceptuando gran parte del hierro) y las piedras preciosas que se emplean como objeto de lujo.

Además de este carácter principal, los criaderos generales se presentan por lo comun en capas contemporáneas, y á veces tambien en masas de gran importancia por su cantidad, como se ve en los granitos, pórfidos, etc. Los particulares, por el contrario, afectan formas y caractéres independientes de la estratificacion y revelan un orígen posterior al del terreno que los contiene.

Las sustancias minerales que entran en la composicion de los criaderos particulares, son en general, distintas de las de los generales; y aun en el caso de ser comunes á entrambos, siempre llevan caractéres especiales y un modo de ser que los distingue perfectamente.

Por último, considerados bajo el punto de vista industrial, los criaderos se distinguen unos de otros en la naturaleza de los materiales que suministran: así es, que los generales proporcionan á la industria y á la agricultura, materiales de construccion, piedras de cal, yesos, margas, arcillas de todas clases, muchas piedras de adorno, como mármoles, pórfidos, granitos, combustibles, gran parte de los minerales de hierro, las arenas para el vidriado, las piedras de molino y de afilar, las litográficas, la tierra vegetal con las sustancias que bajo los nombres de abonos y mejoramientos contribuyen á aumentar los productos de la agricultura.

Los criaderos particulares, por el contrario, suministran todas las sustancias metálicas, exceptuando parte del hierro, las piedras finas para la joyería, y en general todas aquellas sustancias cuyo elevado precio sufraga los gastos de explotacion y trasporte, aunque sean algo considerables.

Las materias de los criaderos generales de un uso mas comun y de extraccion fácil, para utilizarlas solo se necesita comprobar su existencia y conocer la relacion que existe entre su composicion ó estructura y los usos á que se las destina.

En los criaderos particulares, lo que se llama *Mena*, compuesto metalífero acompañado de otras sustancias que reciben el nombre de *Ganga*, aunque siempre susceptible de explotacion, se necesita que el mineral esté en determinadas proporciones para que forme objeto de una especulacion. Muchas circunstancias pueden contribuir á que dada una misma proporcion de mineral, en unos puntos sea beneficiosa su explotacion y en otros no; pero dejando para el tacto y discrecion de los ingenieros estas apreciaciones de localidad, podemos establecer por regla general, sin darle un carácter absoluto, que en el supuesto de ser compactas las rocas que contienen la *Mena*, el mineral debe hallarse en las proporciones siguientes para que su explotacion sea beneficiosa. El hierro debe rendir una tercera parte de la *Mena*, el plomo $^1/_{30}$, el zinc $^1/_{25}$, el cobre $^1/_{50}$, la plata $^1/_{1000}$ y el oro $^1/_{10.000}$.

SECCION PRIMERA

CRIADEROS GENERALES

Los criaderos generales hemos dicho que los componen las rocas, y como el estudio de estas se hizo ya en artículos separados, y despues en la descripcion particular de los terrenos, no es conveniente entrar en repeticiones inútiles, y solo con el objeto de armonizar esta parte con el resto de la obra, se hará una indicacion general por terrenos, de los materiales que cada uno puede suministrar.

Asunto es este de la mayor trascendencia, ya que por una

(1) Véase el tomo 6.° de los Anales de Ciencias naturales publicado en Madrid desde 1799 hasta 1804.

parte la vegetacion de cada comarca depende necesariamente de la naturaleza de su tierra vegetal, y esta de la de las rocas inmediatas; y que, por otra, como que los materiales de construccion raras veces pueden soportar los gastos de trasporte á largas distancias, resulta que en cada localidad el hombre tiene que echar mano para este objeto, de aquellas sustancias que se hallan mas próximas; de donde se infiere que la constitucion geológica es la que decide del carácter de la vegetacion y del cultivo de cada país, así como de la forma y accidentes de la arquitectura y de la mayor parte de los ramos de industria de cada localidad; por lo cual se ve que la *Geología* está llamada á decidir las cuestiones mas delicadas de economía política.

1.° — *Terrenos modernos y cuaternarios*

Los terrenos modernos y cuaternarios, es decir, los depósitos que se verificaron despues del terreno terciario, suministran en general pocos materiales á la arquitectura: solo en las regiones volcánicas y en las de masas errantes se echa mano de las lavas, del lapilli y de la puzolana para las argamasas, y de las masas erráticas que se utilizan en la construccion. El travertino ó la toba caliza, que tambien pertenece á este terreno, se destina á igual objeto, lo mismo que la caliza de los arrecifes de coral.

Pero si el estado incoherente de los materiales de dichos depósitos se presta poco á estas aplicaciones, es por el contrario el mas favorable para la agricultura é industria: á la primera le suministra la tierra vegetal, las tierras vírgenes, el cieno diluvial ó lehm, los aluviones y el diluvio propiamente dicho, elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. A la industria suministran estos terrenos los aluviones ó depósitos de piedras preciosas y del oro, platino, etc.; la turba como combustible, las masas considerables de huesos fósiles que en unos puntos se explotan como excelentes abonos, y en otros, como materia primera de muchas industrias. Tambien suministran estos terrenos arcillas para la alfarería, arenas para el vidriado, y por último el guano como excelente abono animal, si es que este producto puede considerarse como verdadera roca.

2.° — *Terrenos terciarios*

Los terrenos terciarios ofrecen en general tales condiciones en su constitucion y en la variedad de sus materiales, que no debe extrañarse que las principales ciudades del mundo se hayan establecido sobre sus depósitos. Con efecto, este terreno constituye en general las regiones menos elevadas del globo: poco accidentadas sus capas por levantamientos posteriores, se presentan comunmente en su estado primitivo y normal: sus valles son anchos y uniformes, de donde resulta que las vias de comunicacion por tierra y por agua son mas fáciles y expeditas. Además por su posicion, formas y accidentes geognósticos estos terrenos gozan en general de un clima mas suave que los otros, circunstancia que influye en la vegetacion, y hace que el hombre los escoja como centro y base de su morada. A todas estas condiciones hay que agregar la variedad de materiales que estos terrenos suministran á la arquitectura, á la agricultura y á la industria.

Para la construccion sirven las calizas, tanto lacustres como marinas, las areniscas de diferentes especies, como la molasa, el machiño, y el asperon comun, el silex molar, y todas las rocas volcánicas, traquitas, basaltos y las contemporáneas de este terreno.

A la agricultura ofrece el terreno terciario las mejores condiciones de fertilidad, fundada principalmente en la mezcla de sustancias muy variadas, como calizas silíceas, rocas feldespáticas, micáceas, talcosas, yesosas, etc.; efecto de su compleja composicion. Tan cierto es que la variedad en la composicion de un terreno es la mejor condicion para la agricultura, que en aquellos puntos en que el terciario está compuesto, por el contrario, de un solo elemento, se distingue por su gran esterilidad, como de ello nos dan buen ejemplo las colinas yesosas que se extienden desde Madrid á Aranjuez.

El terreno terciario suministra, además, gran número de abonos minerales de excelente calidad; así, por ejemplo, el fosfato de los huesos y excrementos fósiles, el producto de la descomposicion de las rocas volcánicas, las margas, yesos, arcillas, las cenizas de combustibles que contienen mucha pirita y otras sustancias análogas, son muy abundantes en los terciarios, y de ellas depende la fertilidad y la variedad de la vegetacion y del cultivo en este terreno.

Por último, á la industria suministran los terciarios muchas materias de aplicacion como el lignito, el hierro limonita ó hidratado, algunas calizas bituminosas, las piritas, el azufre, el ámbar ó succino, la sal comun y otras que se prestan á una explotacion ventajosa. Las arcillas plásticas para la alfarería, las arenas para el vidriado, la obsidiana y el basalto que pueden servir para el mismo objeto: los alumbres, el ácido bórico, el cloruro amónico y otros productos de los volcanes y *sofionis* ó bufadores, contemporáneos de este terreno, entran en esta categoría.

3.° — *Terrenos secundarios*

El grupo de los terrenos secundarios tambien suministra un gran número de materias útiles á la construccion, á la agricultura y á la industria. En general abundan mucho las calizas, las cuales ofrecen la ventaja sobre las de los terrenos terciarios, de ser mas compactas y algo metamórficas, circunstancia que si por un lado hace mas costosa su extraccion y tambien su labrado, por otro da mayor solidez, duracion y hermosura á las piedras. Este precioso elemento para la construccion predomina sobre todo en los dos terrenos superiores, jurásico y cretáceo, de los tres en que hemos dividido el grupo; así como en el inferior ó en el trias, abundan mas las areniscas de todas especies como materiales destinados á este objeto. Entre las calizas del grupo secundario, se encuentran la inmensa mayoría de los mármoles empleados en objetos de lujo, en construcciones monumentales y hasta en bellas artes, como sucede con el mármol estatuario de Carrara, que pertenece al terreno jurásico inferior.

En cuanto á la agricultura, no son ciertamente los terrenos del grupo secundario los que se prestan mas á su desarrollo, tanto por las condiciones geográficas que ofrecen, cuanto por los escasos materiales que le proporcionan. La uniformidad de composicion de estos terrenos en grandes y extensas superficies, la porosidad de muchas de sus rocas y la estructura compacta que ofrecen otras, hacen que en general el subsuelo sea en ellos de mala calidad; sin embargo, en los puntos en que el terreno está accidentado por la dislocacion de sus capas, puede verificarse la mezcla de materiales, dando á beneficio de esta disposicion, cierta fertilidad á la tierra. Si desgraciadamente el terreno se presenta en estratos horizontales, su esterilidad y aridez son muy notables.

Cuando las capas de calizas y areniscas alternan, como sucede muy á menudo, con bancos poderosos de margas y de arcillas, las condiciones agrícolas del terreno mejoran; circunstancia que hay que tener muy en cuenta para poder apreciar el valor relativo de las tierras que se trate de comprar ó vender.

A pesar de lo dicho, el grupo secundario suministra algunos elementos de mejoramiento para las tierras, y entre ellos deben mencionarse la creta, la cal grasa que se obtiene muy excelente de las piedras calizas de los terrenos jurásico y cretáceo, las margas y arcillas que abundan tambien en ellos, el yeso del trias, y otras varias.

Pero si el grupo secundario es pobre en condiciones agrícolas y en materiales para la agricultura, es por el contrario un rico almacen de materias primeras para la industria. Así es que el terreno triásico suministra la mayor parte de la sal comun, cuya importancia es bien notoria: en él se encuentra igualmente una especie de combustible casi tan bueno como la ulla misma; y ciertas pizarras bituminosas, de las que se extrae un aceite mineral que se emplea en lámparas construidas á propósito para el alumbrado, que resulta mucho mas económico que el de gas y el de aceite comun. El yeso, las calizas arcillosas y las Dolomias compactas, propias para la fabricacion de excelentes cales hidráulicas, tambien proceden del trias.

En el terreno jurásico se encuentran como materias útiles á diferentes ramos de industria, muchos mármoles, y entre ellos el estatuario de Carrara: excelentes piedras litográficas, calizas hidráulicas y cementos romanos naturales. En el lias, arcillas de batanero y tambien alguna plástica para la alfarería: muchos ocres ó almagras, piedras de afilar y lignitos que en varios puntos forman objeto de explotacion. Aunque la mayor parte de los metales que se encuentran en este grupo pertenecen á los criaderos particulares que describiremos mas adelante, sin embargo, hay algunos que se presentan en capas ó bancos con todos los caractéres asignados en los criaderos generales; tal es entre otros el hierro pisolitico ó en perdigones que los alemanes llaman *bonherz*, que se encuentra en la parte superior del terreno jurásico, y el oolítico que en granos sueltos ó aglutinados por una sustancia arcillosa, forma capas de mucho espesor en el piso de Oxford, en la grande y en la oolita inferior.

En el cretáceo se encuentran la caliza blanca y manchadiza que se destina á la preparacion de la creta para las demostraciones gráficas en el encerado, para el moldeado y tambien para la fabricacion de cementos hidráulicos excelentes, mezclándola con la arcilla. El pedernal en nódulos que caracteriza los pisos superiores del terreno, se destina al empedrado y á otros usos no menos importantes. La caliza *tuffeau* ó clorítica que constituye la base de la creta superior, se emplea en la construccion, y como abono mineral y mejoramiento cuando contiene mucho silicato de hierro y arcilla. Igual destino se da á las areniscas verdes y á los materiales del gault, en los que predominan, además de la clorita, las piritas de hierro que se descomponen con facilidad, y suministran las tierras verdes y negras de suma utilidad para determinadas plantas. Las calizas y mármoles del piso neocomio y del horizonte wealdio, son muy estimados, lo mismo que las arcillas, las areniscas y las margas que entran á constituirles. Por último, el terreno cretáceo, particularmente el inferior, suministra con frecuencia criaderos de lignito susceptibles de explotarse, como los de Aragon y tambien el asfalto y otros betunes minerales, que se encuentran impregnando las calizas y areniscas, y rinden pingües productos.

4.° —*Terrenos primarios*

Por último, los terrenos llamados primarios ó paleozóicos, de transicion segun otros, tambien ofrecen entre los criaderos generales, una porcion de sustancias y condiciones útiles á la construccion, á la agricultura y á la industria, si bien en escala menor que en los que preceden. Así es que aunque los materiales de construccion no escasean, son por lo comun difíciles de extraer y costosos de labrar, por cuya circunstancia y el nivel que alcanzan estos terrenos generalmente muy accidentados, y lo escasa y pobre que es en ellos la vegetacion, hacen que estas regiones sean las menos pobladas.

Los terrenos pérmico y carbonífero, los primeros de este grupo, suministran á la construccion buenas areniscas ó asperones, sobre todo en aquellos puntos en que abunda la sílice; cuando domina el feldespato, son muy susceptibles de descomposicion, se desmoronan y valen muy poco. La caliza carbonífera ó de montaña, como dicen los ingleses, es buena piedra de construccion, empleándose á menudo como mármol muy estimado por su color negro intenso y por los dibujos caprichosos que resultan del corte en diferentes sentidos de las conchas ó zoófitos que contiene, cuyas tintas claras por lo comun, contrastan agradablemente con el fondo negro de la masa.

Los terrenos devónico y silúrico de este gran grupo, proporcionan algunas calizas aunque duras, y es costosa su extraccion; areniscas y conglomerados silíceos que suelen ser demasiado duros ó difíciles de beneficiar, siendo no obstante de gran utilidad en las comarcas en las que predominan estos terrenos.

Las pizarras que tanto abundan en ellos, sirven para cubrir los edificios y para pavimentar. Muchas, sin embargo, se descomponen con demasiada facilidad y ofrecen además poca resistencia para destinarlas á este uso.

Pero entre los materiales intercalados en este terreno, el que por su abundancia merece una mencion especial es el granito, la piedra de construccion por excelencia; si bien atendido el costo de su extraccion y la dificultad con que se deja labrar, solo suele emplearse generalmente en la arquitectura monumental y para embaldosar las aceras, y aun si se quiere, para el empedrado del arroyo ó parte central de las calles. Conviene, empero, tener presente que esta piedra se descompone con facilidad en razon al feldespato que contiene y al tamaño y grado de trabazon que une á sus tres elementos constitutivos, cuarzo, feldespato y mica, para saberla escoger cuando se la quiere destinar á algunas de estas aplicaciones.

Tambien los pórfidos son mas comunes en estos terrenos que en los anteriores, y sabido es el uso que puede hacerse de esta clase de piedras. Lo mismo puede decirse de la sienita, de las dioritas, serpentinas y demás rocas básicas.

En general, á la agricultura no es nada favorable ni la disposicion y accidentes de este grupo de terrenos, ni tampoco su composicion. La mayor parte de sus rocas son metamórficas, pizarrosas, compactas, llenas de hendiduras y de cavidades, lo cual hace que las aguas filtren con facilidad; si á esto se agrega la escasez de margas, de arcillas y aun de calizas, sobre todo cuando se comparan con los terrenos anteriores, se comprenderá sin gran esfuerzo, que la vegetacion y el cultivo se resienten mucho de todas estas circunstancias, siendo por lo comun, pobre y poco variado.

Pero si la Agricultura saca poco provecho, digámoslo así, de los terrenos paleozóicos ó primarios, por el contrario, la Industria encuentra en ellos gran número de materias de gran utilidad y objeto de ricas especulaciones. Así es que la ulla, la antracita y el grafito entre los combustibles; la gran variedad de mármoles y en especial de areniscas, brechas, pudingas y pizarras entre las materias pétreas, alimentan una porcion de explotaciones y tambien el hierro carbonatado que forma uno de los accidentes mas comunes del terreno carbonífero. La gran riqueza, empero, de estos terrenos consiste principalmente en los metales que forman parte de

os criaderos particulares en cuya descripcion vamos á entrar.

La uniformidad de composicion de los terrenos de la série plutónica, y las indicaciones que hicimos al final de cada una de las aplicaciones de sus principales sustancias, nos excusan entrar por ahora en mayores detalles, pues seria una repeticion inútil.

Tales son en resúmen los materiales de todas clases que los criaderos generales suministran en los diferentes terrenos á la construccion, á la agricultura y á la industria. Veamos ahora los que proporcionan los criaderos que llamamos con Werner, particulares.

SECCION SEGUNDA

CRIADEROS PARTICULARES

Los criaderos de esta segunda seccion se refieren generalmente hablando á los metales; cuando estos se encuentran mezclados, contenidos ó combinados con materias de otra naturaleza en las proporciones indicadas mas arriba, de modo que puedan prestarse á una útil explotacion, reciben el nombre de Mena.

Los metales raras veces se hallan libres ó sueltos, excepto el oro y el platino; las materias por lo comun pétreas que los contienen, ó con los que están asociados, reciben el nombre de ganga. Esta se dice distinta, cuando por la simple trituracion y el lavado puede separarse del mineral; en el caso contrario, forma parte de la mena misma. Los nombres de Caja del criadero y terrenos metalíferos, se aplican á la roca y terrenos que contienen la ganga y la mena (1).

Cuando por medio de las excavaciones se llega á la masa del criadero, se dice que la mina está en frutos; llámase cultivada y agotada cuando se ha extraido toda la masa del mineral útil que contenia.

Los escombros de la ganga y de la caja que se forman en las inmediaciones de la explotacion, reciben el nombre de Zafra.

Con el nombre de Baciscos se indican en Almaden los cantos ó fragmentos de la ganga, que contienen algo de mineral útil; si bien su escasa cantidad no permite una explotacion beneficiosa.

Se designa con el nombre de roca estéril, la que se encuentra en las excavaciones, desprovista de minerales útiles.

Los criaderos metalíferos se distinguen en estratificados y no estratificados ó posteriores á los terrenos que los contienen. Los primeros puede decirse que forman parte de los criaderos generales, aunque muchos deben considerarse como mixtos, pues los metales al propio tiempo que estratificados son posteriores al terreno que los contiene; tal es, por ejemplo, lo que sucede con la mayor parte de los criaderos de hierro, sobre todo con el hematites, cuya formacion es debida á fuentes minerales que han penetrado á través del terreno que los encierra: en el mismo caso se encuentran los criaderos de cobre del terreno pérmico de Alemania, en el piso llamado Kupfer Schiefer en la Turingia, y en el de Bolivia en las areniscas abigarradas. En uno y otro caso, el mineral se encuentra en capas, pero es posterior al terreno que lo contiene, por efecto de las operaciones químicas que allí se verificaron, hallándose ya constituidos los materiales de aquel.

La inmensa mayoría de los criaderos metalíferos son posteriores al terreno en que se encuentran, y se dividen en regulares é irregulares. A los primeros corresponden los filones propiamente dichos; á los segundos las masas metálicas y los stocwerks.

Esta distincion es exacta y muy racional; pero la mejor base para establecer una buena clasificacion científica y práctica á la vez, de modo que los conocimientos geológicos sean de grande utilidad en el estudio de los criaderos, es la que se funda en el grado de relaciones geognósticas que los metales conservan con las rocas eruptivas, que son las que evidentemente han influido de un modo directo en su formacion. Pero aunque el orígen ígneo de estos criaderos esté hoy dia puesto fuera de duda, despues de la ingeniosa comparacion que hizo el Sr. Elie de Beaumont de este fenómeno con el de los volcanes, y particularmente con lo que sucede ó se observa en los azufrales ó volcanes semi-apagados, como quiera que en esta manifestacion del calor terrestre, el agua, segun parece, ha desempeñado un papel muy principal, resulta que los criaderos metalíferos pertenecen á un órden mixto de hechos en que el agua y el fuego tienen ó han tenido su verdadera participacion: dejando aparte aquellos que solo pueden explicarse admitiendo la intervencion de las corrientes eléctricas subterráneas, como la de los nódulos ó bolsones de minerales que se encuentran aislados en la masa ó entre los estratos de rocas, particularmente cuando su composicion es distinta de la de aquellos (2). En la sierra de Gádor se nota este hecho con frecuencia.

En este concepto el orígen de los criaderos metalíferos debe considerarse bajo el punto de vista geognóstico y geográfico. Enlazados con ciertas erupciones ígneas, no solo se encuentran siguiendo las líneas ó ejes de aparicion de las rocas de esta naturaleza, sino que se hallan tambien relacionados de un modo muy directo, con los fenómenos de trastorno y dislocacion que aquellas han determinado en la superficie.

Estas dislocaciones se expresan por el levantamiento y formacion de los sistemas de montañas, por los replegamientos, saltos, fallas y demás accidentes que se notan en las capas de los terrenos de sedimento, por efecto de una presion lateral ó vertical.

De lo dicho se deduce el apoyo eficacísimo que el ingeniero dedicado á la explotacion de las minas puede hallar en los conocimientos profundos de la Geología; puesto que enlazado el orígen de los criaderos metalíferos con la aparicion de las rocas que accidentaron al país ó comarca, es claro que existe entre estos dos órdenes de hechos una relacion tal que, conocido este último, tendrá resuelto en gran parte el problema de la explotacion y beneficio de aquellos que le están encomendados. Pero las relaciones entre los criaderos metalíferos y las rocas ígneas no son iguales en todos. Bajo este punto de vista los podremos dividir en eruptivos, de contacto y metamórficos que son irregulares, y filones propiamente dichos que corresponden á los criaderos regulares.

1.°—Criaderos eruptivos

Los criaderos de esta clase son aquellos en que los metales nativos ó combinados, forman parte integrante de una roca ígnea, de cuyas condiciones de estructura, forma, etc., participan.

Estos criaderos pueden afectar dos disposiciones distintas, presentándose en masas mas ó menos regulares con todos los caractéres que demuestran sus centros de actividad ter-

(1) La mayor parte de las voces empleadas en este Tratado para expresar los accidentes que ofrecen los criaderos particulares, están tomadas de la excelente obra del Sr. D. Joaquin Ezquerra, titulada *Laboreo de Minas*, que deben consultar las personas que quieran poseer mas conocimientos acerca de tan importantísimo ramo de industria.

(2) Para mayor ilustracion léase la 1.ª parte del 5.° tomo de la obra titulada *Electricidad y Magnetismo*, del Sr. Becquerel.

restre, puesta de manifiesto en los levantamientos, ó en forma de dikes de diferente naturaleza, penetrados de sustancia metálica. La montaña de hierro magnético llamada punta de la Calamita en la isla de Elba, es un buen ejemplo de la primera; así como muchos cobres y el mineral de hierro que se halla impregnando las rocas de anfibol y serpentina en la Toscana y en otras partes, representan la segunda disposicion.

En general, entre las sustancias de esta clase de criaderos, solo el hierro se presenta en condiciones de pureza y cantidad que permite su explotacion. Los otros, como el cobre nativo y piritoso, el estaño, etc., se presentan casi siempre como simples accidentes de las gangas, y sus rendimientos son tan escasos, que únicamente pueden formar objeto de explotacion en los casos en que por efecto de la estructura de la roca, su extraccion sea muy fácil, ó cuando haya habido una concéntracion del mineral en puntos determinados que conviene conocer.

2.º—Criaderos de contacto

Así como los criaderos anteriores representan ellos mismos la masa eruptiva y de levantamiento, los de contacto son una consecuencia de dicho fenómeno, hallándose el mineral en el punto de separacion entre los minerales ígneos ó eruptivos y las rocas y terrenos que atravesaron. Las relaciones entre estos y aquellos son tan claras, que el depósito metalífero participa de la direccion y demás accidentes del terreno de contacto y de las rocas eruptivas.

Los famosos criaderos de hierro del Hartz (Alemania); los de cobre del Kupfer-Schiefer de la Turingia, los de la Toscana y de la Italia septentrional, pertenecen á esta segunda clase.

A ella pueden referirse igualmente la mayor parte de los criaderos de Sierra Morena, y en especial el famoso de Almaden, en el que el cinabrio se encuentra formando tres ó mas capas-filones de arenisca penetrada de metal, dispuesta en estratificacion concordante con el plano de contacto de una especie de arenisca llamada piedra *frailesca*, roca metamórfica que determina una zona entre el terreno estratificado que contiene los filones, y los pórfidos dioríticos, á cuya aparicion probablemente deben atribuirse todos estos accidentes.

3.º—Criaderos metamórficos

Estos criaderos son debidos á la penetracion ó intercalacion de las sustancias metálicas en la masa de las rocas de sedimento ó entre sus estratos, verificada al tiempo de consolidarse sus materiales ó en períodos posteriores. En el primer caso se nota mucha regularidad en la composicion y modo de ser del criadero, encontrándose las capas en su estado normal, alternando repetidas veces las metalíferas con las pétreas, que representan, por decirlo así, la ganga. Por el contrario, en el segundo ó en el de los criaderos metamórficos posteriores, que tanto se dan la mano con los que llamamos de orígen mixto, se nota gran dislocacion en los estratos y tanta irregularidad, que el mineral aparece, desaparece y hasta cambia de naturaleza sin sujetarse á regla alguna ni á causa aparente. Aunque la presencia de rocas ígneas no sea necesaria para darse razon del primero de estos casos, sin embargo, cuando se las encuentra en las inmediaciones de uno de estos criaderos, pueden servir de gran auxilio para la designacion de su naturaleza.

A esta clase de criaderos pertenece, entre otros, el de hierro de la isla de Elba, famoso por reputarse como la explotacion mas antigua que se conoce en el globo, y tambien por la cantidad y la calidad del hierro que suministra; este criadero, que he tenido ocasion de estudiar y admirar, forma toda una montaña en la parte oriental de la isla, junto al pueblo llamado Rio.

Los cinabrios de Serravezza, en Toscana, y tal vez los de Almaden y la fosforita de Logrosan, pueden referirse igualmente á esta clase, que tantos puntos de contacto guarda con los anteriores.

Los tres grupos de criaderos que acabamos de examinar, y cuyos nombres de eruptivos, de contacto y metamórficos revelan claramente la causa á que deben su existencia, han sido tambien llamados por otros irregulares para distinguirlos de los filones propiamente dichos, que son los regulares. En ellos los metales se presentan en venas ó venillas, redes y masas, en nódulos y en pequeñas porciones sueltas ó esparcidas en el terreno, cuyas rocas impregnan ó penetran de una manera intima.

Bajo este punto de vista, si bien estos criaderos no ofrecen aquella regularidad que observamos en los filones, por otro lado están íntimamente enlazados con el terreno que los contiene. De modo que puede decirse que la Geología está destinada á prestar un auxilio mas eficaz al reconocimiento, estudio y beneficio de estos que á la inspeccion y explotacion de los regulares.

Pero el modo de presentarse y las relaciones con el terreno que los contiene, no son los únicos caractéres que pueden distinguirlos; tambien el estado de los minerales que los componen contribuye á ello. Por de pronto casi puede asegurarse que, así como en los filones, la ganga es una roca distinta del terreno que forma la caja; en los criaderos irregulares, por el contrario, es de la misma naturaleza que aquel. Además, la estructura que es cristalina y hasta mas ó menos perfectamente cristalizada en los filones, es por el contrario en los irregulares térrea, pétrea y hasta compacta; siendo esto tan cierto, que con solo este carácter, segun Brongniart, puede un mineralogista algo experimentado apreciar la clase de criadero de que procede el mineral que estudia.

Por otra parte, los irregulares están siempre en relacion con rocas eruptivas; y lo mas notable es, que casi todos ó la inmensa mayoría de ellos, han sido producidos por rocas porfídicas ó por verdaderos pórfidos feldespáticos y anfibólicos, y en general por las rocas magnésicas que dimos á conocer con el nombre de básicas ó medias. Esta circunstancia y la de encontrarse estos criaderos en relacion con los centros de metamorfismo y de trastorno y dislocacion de los terrenos, nos confirman en la idea emitida de que en ningun caso necesita tanto el ingeniero de sólidos conocimientos geológicos, como en el reconocimiento, estudio y explotacion de estos centros de produccion mineral.

Y como quiera que las rocas que han determinado la formacion de los irregulares, sean eruptivos, de simple contacto ó metamórficos, han aparecido en determinadas direcciones constituyendo grupos alineados que dan á las regiones un sello ó carácter particular, es claro que todo esto servirá poderosamente para el esclarecimiento de tan importante materia.

Estos criaderos, aunque de explotacion mas difícil por su misma irregularidad, son los mas ricos y variados en materias útiles; hallándose en ellos el metal en razon directa del interés que su estudio inspira. Bastará para convencerse de esta verdad, citar los criaderos de hierro de la isla de Elba, los de Traversella, los de Suecia, los de cobre en diferentes combinaciones de Chessy cerca de Lion, los de la cordillera metalífera de Toscana y el sorprendente criadero de azogue de Almaden.

A pesar de todo, y en medio de las diferencias capitales que se acaban de indicar entre los criaderos irregulares y los filones, no dejan de ofrecer algunos puntos de contacto, siendo los criaderos mixtos ó intermedios el eslabon que los enlaza íntimamente; como si la naturaleza quisiera demostrarnos la unidad, ó por lo menos la analogía de la causa que los formó á todos. Los criaderos intermedios ó mixtos son los conocidos con el nombre de filones capas, los cuales no ofrecen en el fondo mas carácter de verdaderos filones que el de su forma; pues por lo demás afectan cierta irregularidad en su direccion, no guardan entre ellos el paralelismo caracteristico, el yacente y pendiente, y por último, se distinguen de unos y otros en que siguen la direccion de los estratos, aunque no con gran regularidad, hallándose además intimamente enlazados con las rocas eruptivas, á cuyas formas y accidentes suelen, por lo comun, amoldarse.

Por otro lado, considerados en su distribucion geográfica, los criaderos irregulares y los filones no dejan de ofrecer cierta armonía, pues léjos de estar separados, suelen hallarse reunidos en una misma region.

En general, los terrenos fosilíferos antiguos y los materiales representantes de la série azóica son los mas favorecidos bajo este punto de vista, al menos en España, que es lo que mas nos importa conocer y estudiar.

4.º—Criaderos regulares ó filones

Todos los criaderos descritos hasta aqui pertenecen á la seccion de los irregulares; los filones, por el contrario, representan los regulares por excelencia, y puede decirse que son los que guardan menos relacion con las rocas ígneas ó eruptivas, si bien no deja de enlazarse su formacion con el estado ígneo del interior del globo.

La mejor idea que puede formarse de los criaderos en filones es la de considerarlos como cavidades, hendiduras ó rendijas del terreno, rellenas en épocas distintas por una ó varias sustancias metálicas, dispuestas en forma de fajas ó zonas paralelas, alternando con otras de naturaleza pétrea, que es lo que se llama ganga, y cuyos accidentes se repiten.

Al gran Werner se debe el principio luminoso de que los filones ó las fracturas producidas en una época dada siguen una misma direccion media; siendo, por consiguiente, paralelos entre sí, y poseyendo, por otro lado, gangas y sustancias metálicas especiales. Los de épocas diferentes siguen una direccion distinta y á veces encontrada con los primeros, notándose un enriquecimiento notable, por lo comun, en el punto en que se verifica el entrecruzamiento.

De lo dicho se deduce, que en un mismo distrito metalífero pueden encontrarse varias séries de fracturas correspondientes á otras tantas épocas distintas, caracterizada cada una por su direccion especial y por minerales y gangas diferentes. En el famoso distrito de Cornwallia, en Inglaterra, se han reconocido hasta siete especies de rumbo en las fracturas ó filones.

Como bajo este punto de vista los filones están enlazados de un modo tan directo con las causas que han determinado dichos accidentes, de aquí una de las aplicaciones mas felices de la Geología á la explotacion de minas. Se comprende, con efecto, que relacionadas las fracturas con las causas que han determinado la orografía particular de la region que estudiamos, los caractéres que esta ofrezca nos darán una idea de la direccion, del modo de ser de los filones, de sus ondulaciones, ramificaciones y demás particularidades, de cuyo conocimiento pende muy á menudo la buena y acertada direccion de una mina. El conocimiento exacto de los rasgos geológicos del terreno puede ilustrarnos, tambien, en la resolucion del problema mas difícil de la explotacion, cual es el de, dado un filon interrumpido por la aparicion de otro ó de una roca eruptiva, saberle encontrar otra vez para continuar con fruto las operaciones.

Pero no pudiendo dar reglas y preceptos aplicables á todos los casos sin apelar á cálculos y fórmulas ajenas á la índole de la obra (1), nos limitaremos á recomendar al ingeniero que tenga en cuenta todos los accidentes geológicos de la region que está á su cargo, pues siendo distintos en cada una, se hace indispensable que se estudie tambien cada distrito en particular.

Veamos ahora lo que hay que saber de mas esencial respecto á la composicion de los filones, á su forma y estructura particular, á la distribucion del mineral en ellos, á su modo de ser y relaciones, teniendo cuidado antes de marcar bien el significado de las expresiones que emplea el arte para designar todos estos accidentes.

Siendo el filon, como hemos dicho, una hendidura ó fractura rellena, su posicion puede ser vertical, aunque esto no es lo comun, y mas ó menos inclinada. En este caso el plano recto ú onduloso que forma el límite superior del filon se llama pendiente, mientras que el inferior recibe el nombre de yacente.

Las superficies de la caja del criadero que miran hácia el interior y que representan las caras de la fractura antes de rellenarse, se llaman astiales.

Entre las superficies de la caja y las del filon, se forma una capa, comunmente de materias arcillosas, que es la que ha recibido el nombre de salbanda.

Segun las observaciones de varios geólogos, y en especial del señor Fournet de Lion, la salbanda muchas veces es resultado de la descomposicion de las paredes de la caja del filon, determinada por las aguas termales y minerales, á cuya influencia se debe tambien, probablemente, la formacion del filon mismo.

El punto ó puntos por donde el filon aparece á la superficie se llama extremidad superior ó emergente del filon, y tambien cabeza ó cresta.

Una línea, tirada de un astial á otro, perpendicular á entrambos, mide el grueso ó la potencia del filon, que no siempre es uniforme. En los puntos en que se estrecha en general se empobrece y la materia, al parecer, se concentra; por el contrario, en las dilataciones y en los cruzamientos aumenta de un modo notable su riqueza.

La direccion de un criadero de esta naturaleza, es la del punto del horizonte, hácia el cual tienen tendencia sus elementos; la inclinacion la determina el ángulo que forma el plano de direccion con el horizonte.

Los filones suelen bifurcarse ó dividirse, en cuyo caso se distinguirá el tronco principal de sus ramificaciones, en que aquel conserva aproximadamente la misma direccion, inclinacion y potencia; mientras que estos ofrecen otros accidentes, siendo á veces distinta hasta su composicion.

Cuando muchos filones se entrecruzan, constituyen una especie de red, en la que generalmente aumenta la riqueza mineral; al conjunto de todos ellos se da el nombre de campo de fracturas, ó de filones.

Por último, los filones suelen presentar á menudo dislocaciones, saltos y fallas que conviene conocer, debidos á la interseccion de un filon por otro, y al hundimiento ó levantamiento del terreno en que está como encajonado; accidentes producidos por una especie de resbalamiento ó separacion de materia, que determinó un cambio de nivel á veces

(1) No hay tampoco que echar en olvido, que en cada grande distrito ó centro de produccion mineral se notan ciertos hechos generales, únicos que pueden guiar en la indagacion de su verdadera riqueza.

notable, y cuyo conocimiento es del mayor interés para poder seguir con provecho la explotacion.

Los filones que, tal como los hemos considerado, representan una especie de tabla de diferentes dimensiones contenida en el espacio hueco de una hendidura ó fractura terrestre, están compuestos de una parte pétrea, á veces tambien metálica, que es lo que se llama ganga, generalmente en forma de capas ó fajas que se repiten con mucha simetría á derecha é izquierda del filon; y de mineral útil objeto de la explotacion, diseminado en varios ó pequeños filones, en hojuelas, granos, nódulos cristalinos y cristales esparcidos en la masa.

Las materias que mas generalmente constituyen las gangas, son: la sílice bajo el aspecto de cuarzo ó de cristal de roca ó en forma de jaspes y de ágatas, que con frecuencia ofrecen geodas tapizadas de cristales de naturaleza y aspecto diferente: sigue á esta la cal carbonatada siempre cristalina y á menudo cristalizada, pura ó mezclada con otras sustancias, participando del carácter de la Dolomia, del espato calizo ferruginoso ó manganesífero, y convirtiéndose á veces en verdadero carbonato de hierro; con menos frecuencia el espato fluor puro con todas las variedades de colores y de bellas formas de cristalizacion, ó mezclado con el cuarzo ó con el espato calizo; despues la barita blanca sulfatada, laminar ó cristalizada en formas diversas. Las arcillas por lo comun impuras, á veces pizarrosas, tambien suelen hacer este oficio, así como los óxidos de hierro. La sienita y la mayor parte de los silicatos magnésicos que entran en la composicion de las rocas ígneas, en particular el talco, la serpentina y el anfíbol, desempeñan á veces un papel muy importante en la composicion de las gangas, y tambien los granates en masa, como se ve en las minas de galena de Camprodon (Cataluña) y en varios puntos de Astúrias.

Raras veces es estéril el filon cuya ganga está formada de alguna de estas sustancias. Suele serlo, por el contrario con frecuencia, cuando la hendidura se halla ocupada por pudingas, brechas y cantos sueltos de la roca que forma la caja.

En general, tanto el mineral útil como la ganga, se presentan en estado cristalino, de estructura fibrosa, afectando á veces una cristalizacion confusa. Para encontrar en los filones verdaderos cristales bien determinados, se necesita buscarlos en las geodas ó cavidades en donde la materia ha podido desarrollarse con toda libertad; pudiendo asegurar que la inmensa mayoría de los hermosos grupos y cristales sueltos de diferentes materias que constituyen el mejor adorno de los gabinetes de Mineralogía, reconocen esta procedencia.

La forma y estructura es lo que distingue realmente á los filones propiamente dichos, de los criaderos irregulares en masa ó stocwerks. La forma ya hemos dicho que es la de una tabla ó plancha de paredes laterales paralelas, que corta la estratificacion del terreno en que se encuentra; y en cuanto á la estructura tambien se ha indicado ya, que el modo de presentarse la ganga ó matriz, en cuyo seno se halla el mineral útil, es en fajas ó capas paralelas á las salbandas, verificándose esto con tal regularidad, que si á partir de una de ellas se encuentra una faja de espato calizo, despues otra de espato fluor, seguida de una de cuarzo, y de otra de sulfato de barita, etc., en el lado opuesto del filon se repiten exactamente las mismas sustancias dispuestas de la misma manera. De modo que un filon es un compuesto de capas sucesivas idénticas dos á dos, y dispuestas simétricamente, á partir del yacente y pendiente. Estos ofrecen á menudo ondulaciones ó S S, que como no siempre se corresponden, suelen determinar ciertos huecos, en los que las capas correspondientes de la ganga, no pudiendo separarse de la ley de simetría que acabamos de indicar, dejan el sitio á otras sustancias metálicas ó pétreas que constituyen los bolsones, los nódulos ó riñones llenos de cristales y á veces de metales nativos, como sucede, por ejemplo, con el mercurio de Almaden, siendo este accidente otro de los distintivos de los filones.

La interposicion entre los planos del filon y las caras de la hendidura ó *Astiales* de una capa, que es la *Salbanda*, resultado del metamorfismo de las superficies interiores de las cajas, ó de la descomposicion producida por filtraciones posteriores en el mismo punto, viene á completar la composicion simétrica de los filones.

La simetría en la estructura y composicion de estos criaderos regulares, resultado á todas luces del mecanismo á que deben su orígen, es sumamente útil para la explotacion, pues casi siempre va acompañada cada ganga de su mineral ó de metales propios, que no desaparecen mientras la ganga subsiste. Esto supone que la causa ó causas á que deben su existencia no sufrió despues perturbacion alguna, habiendo funcionado con toda libertad y regularidad; en el caso contrario, y cuando la perturbacion procede de la caida de fragmentos de la caja del filon ó de la superficie exterior, la simetría se pierde ó altera, encontrándose en algunos puntos una especie de mezcla confusa de las gangas y de los fragmentos que han interrumpido su continuidad.

En cuanto á los cristales del mineral ó de la ganga que se encuentran esparcidos en la masa de esta, cualquiera que sea su regularidad ó perfeccion, y particularmente en las partes cariadas ó cavernosas, casi siempre se hallan implantados perpendicularmente á las capas paralelas, con la extremidad libre hácia el interior ó centro del filon.

La distribucion de las materias útiles en los filones, considerada en su conjunto, no ofrece nada de regular; sin embargo, respecto á la cantidad, y aun á la calidad del mineral, puede decirse que aumenta en los ensanchamientos y en la bifurcacion de los filones.

Aun subsistiendo la potencia la misma, se notan cambios, unas veces favorables, otras contrarios á la riqueza mineral, en aquellos puntos en que la inclinacion y la direccion varían; lo mismo se nota respecto á la profundidad del filon, pues unas veces aumenta y otras disminuye, á medida que se profundiza. Murchison asegura, fundado en la experiencia, que las venas metalíferas que proceden del seno ó fondo del globo, si llevan oro, suelen contenerle en mayor copia en la extremidad superior que en el resto de su extension. Sin embargo, lo contrario suele ser mas comun. Por lo demás, tanto la distribucion como la potencia del mineral se hallan sujetas á la influencia de la roca que forma la caja. Por regla general, la riqueza de un filon es uniforme mientras se conserva la roca la misma; variando, por el contrario, cuando esta cambia de naturaleza ó aspecto. Tambien influye en todo esto la naturaleza de las rocas ó materiales que aparecieron despues y alteraron su disposicion primitiva; la descomposicion del filon y de la caja, resultado de los agentes exteriores; la accion de las corrientes eléctricas y otras muchas circunstancias, sobre cuya materia no pueden darse reglas generales, ni lo permite tampoco la índole elemental de la obra.

En cuanto al modo de presentarse y sus relaciones, estos criaderos ofrecen varios accidentes, hijos de la naturaleza de la caja, de la disposicion de los estratos que atraviesan, de los cambios y trastornos que han podido sufrir despues de formarse, y de mil otras causas. Lo que en general sucede es que los filones se presentan acompañados de otros y de erupciones de rocas ígneas, cuyos accidentes suelen revelar algun trastorno ó dislocacion.

Así es que unas veces los filones se presentan unidos, otras ramificados y como esparcidos en la masa del terreno, siguiendo, no obstante, la misma direccion cuando pertenecen á una época dada. En cuanto á su potencia es variable, pues se ensanchan ó se estrechan; pero lo que no se consigue, por regla general, es encontrar la extremidad inferior de un filon. Podrá empobrecerse hasta el extremo de no dar rendimientos útiles que sufraguen los gastos de explotacion; pero no suele llegarse hasta el punto de agotarle por completo. Sin embargo, algunos criaderos de cobre ofrecen la singularidad de terminar inferiormente en forma de cuña en los terrenos graníticos, segun observaciones del Sr. Maestre.

Este principio es trascendental, pues se ve que una vez reconocida la existencia de un filon, pueden abrirse pozos ó galerías en su busca, seguros de encontrarle.

Mil otras particularidades ofrecen los criaderos, así los regulares como los irregulares, dignas sin duda alguna de llamar la atencion del ingeniero de minas, y propias de tratados especiales. Pero el entrar en mas detalles acerca de esta materia en una obra de la índole de la presente seria extralimitarse de su verdadero objeto.

Conocida, por lo que antecede, la parte verdaderamente estática de todas las clases de criaderos metalíferos admitidos hoy, veamos ahora si conseguimos dar una idea de su dinámica, ó mejor, si se quiere, de las teorías que se han inventado para explicar su formacion.

ARTICULO II

TEORÍAS SOBRE LA FORMACION DE LOS CRIADEROS METALÍFEROS

Dos son los agentes ó fuerzas á que puede referirse la formacion de los criaderos metalíferos, las mismas que explican la de todos los elementos que componen la costra sólida del globo, á saber: el fuego obrando del centro á la circunferencia ó del interior á la superficie del globo, que es el que dió orígen á las rocas cristalinas; y el agua que obrando en sentido inverso ó de fuera adentro, y tambien de abajo arriba, ha originado los productos compactos y terrosos.

Werner y su escuela, refiriéndose á los terrenos metalíferos regulares ó á los filones propiamente dichos, admitian la formacion de las hendiduras por la retraccion de la masa al desecarse la tierra que antes estuvo en disolucion en el flúido caótico primitivo, y tambien por los levantamientos y hundimientos del terreno; explicando el relleno de estas cavidades por la accion procedente de arriba del agua, la cual disolvia por un lado las sustancias metálicas que se depositaban en sus paredes, y obrando despues de un modo mecánico contribuia tambien á rellenarlas. Suponiendo que las aguas se hallaban menos agitadas en el fondo de las hendiduras que en la superficie, explicaban por esta circunstancia la mayor pureza y abundancia de metal, que realmente ofrecen los filones en las partes bajas, así como tambien la diferencia de materiales y de estructura que afectan.

Aunque estas ideas de Werner dominaron por mucho tiempo en el campo de la ciencia, se abandonaron en el momento en que, gracias á los adelantos de la Geología y de las ciencias auxiliares, y en especial de la química, se logró demostrar la imposibilidad de darse razon con esta teoría de los principales accidentes que caracterizan los criaderos metalíferos. Con efecto, si las sustancias metálicas han ocupado en épocas anteriores la superficie terrestre (cosa que hoy no se observa), ¿cómo se explica el que, si exceptuamos el hierro, no haya un solo metal que se encuentre hoy esparcido en cantidad notable en los estratos de los terrenos de sedimento, y sí solo en las hendiduras ó fracturas que representan los filones? Cuando en una region de mayor ó menor extension geográfica encontramos rocas diversas, constituyendo terrenos de sedimento sin rastro alguno de sustancias metálicas, si estas han estado disueltas en la superficie, ¿cómo se combina esta falta de metales con su concentracion en los filones, aun suponiendo que las hendiduras que ocupan preexistiesen á la formacion de aquel, cosa bastante difícil de comprender? Y si esta contradiccion aparece clara en lo tocante á los filones, lo es mucho mas cuando se quiere hacer extensiva á la formacion de los criaderos irregulares, sean eruptivos, de contacto ó metamórficos.

Además, la estructura cristalina, tan frecuente en las sustancias que se encuentran en los filones; la disposicion simétrica de sus materiales en fajas ó capas paralelas; la frecuencia con que los metales se presentan en las rocas cristalinas ó de origen ígneo y en las metamórficas, como el hierro titanado en el basalto, el oro y platino en ciertos pórfidos, los cobres y hierros oxidulados en las serpentinas, etc., contribuye á rechazar la teoría de Werner, por adolecer de graves defectos, y no representar la verdad tal cual se comprende hoy.

Desechado por insuficiente uno de los elementos generadores, el agua, obrando de un modo físico y mecánico de arriba abajo, no hay mas recurso que apelar al otro, esto es, al fuego, y mejor aun á la accion combinada de ambos, si bien obrando el agua de un modo distinto de como la hacian intervenir los de la escuela de Freyberg.

Insistiendo en la idea de que la verdadera clave de los estudios geológicos es el conocimiento de las causas actuales, veamos si el período histórico nos ofrece algun fenómeno que por analogía pueda ilustrarnos en la materia. Este fenómeno es el volcanismo en todas sus manifestaciones, y particularmente en las erupciones, en los azufrales ó solfataras, en los *géiseres* y en las fuentes termales.

Los materiales volcánicos pueden separarse en dos grupos siguiendo la doctrina de Elie de Beaumont: en el primero se agrupan todos aquellos que se presentan á la manera de la lava, es decir, en estado de fusion, penetrando á veces en la masa de los terrenos; y en el segundo los que aparecen como el azufre, esto es, arrastrados por emanaciones gaseosas, depositándose y tapizando las paredes de las hendiduras que les dan paso al exterior.

Esta separacion de los productos volcánicos, coincide de un modo muy notable con la que hemos admitido de los criaderos metalíferos en regulares ó filones propiamente dichos los unos; irregulares, de contacto, eruptivos ó metamórficos los otros; distincion que puede establecerse tambien llamando á las primeros criaderos de incrustacion, y á los segundos de inyeccion.

Ya antes el Sr. Fournet habia establecido la clasificacion de los filones, fundándose en que los unos son producto directo de la accion del fuego por expansion ó sublimacion, en cuyo caso subsiste la sílice combinada, como se ve en los pórfidos y traquitas; y los otros resultado de la del agua en los que la sílice persiste libre, como se observa en los filones metalíferos por excelencia y en las fuentes termales. El estado libre de esta sustancia, y el ningun metamorfismo de las capas de muchos filones, son, segun este célebre geólogo, las razones mas poderosas para combatir la teoría que quiere explicar la formacion de los filones por la sola sublimacion ó fusion ígnea.

Este modo de considerar los criaderos metalíferos en sus relaciones con los productos volcánicos, que tiende á referir todos estos fenómenos á una causa comun, esto es, el calor central, se ve confirmada por los caractéres que ofrecen estos

y por los puntos de contacto que tienen con los criaderos metalíferos. Así es que mientras la lava afecta un aspecto pétreo y una estructura celular ó compacta, ora rellene cavidades interiores, ora se extienda en forma de corrientes al exterior, las emanaciones que aparecen á la manera del azufre se presentan con una estructura cristalina, y con frecuencia en verdaderos cristales, tapizando las paredes de los conductos ó hendiduras por donde aparecen al exterior. El primero de estos estados corresponde exactamente á los criaderos irregulares en forma de masa ó stocwerks y á los filones-capas, representados por las corrientes de lava; así como el segundo copia fielmente los rasgos mas característicos de los criaderos regulares ó filones.

Si por otro lado examinamos los caractéres de las fuentes minero-termales, y los comparamos con los de las emanaciones volcánicas á la manera del azufre, veremos que existe entre estos dos órdenes de hechos un enlace tal, que nos induce á creer que en último resultado no son sino manifestaciones mas ó menos directas del volcanismo, ó en otros términos, del calor propio del globo.

Con efecto, los manantiales que ofrecen este carácter, no solo depositan por incrustacion los metales que procedentes del interior ó arrancados de la superficie llevan en suspension ó disolucion, sino que estos efectos se repiten en pequeño en todos los azufrales ó solfataras cuando el vapor de agua que aparece por las hendiduras de las rocas llega á condensarse primero, y á filtrar despues al través de las paredes del volcan. En esta segunda operacion se carga el agua de principios minerales, y cuando aparece de nuevo al exterior simula perfectamente, aunque en pequeña escala, todos los caractéres de una fuente minero-termal. Esto mismo, pero en mayores proporciones, se nota en los géiseres, en los que una masa de agua procedente del exterior ó formada en el seno de la tierra, cargada de principios minerales, es arrojada á una altura prodigiosa por la fuerza elástica de su propio vapor, como explicamos al hablar de esta manifestacion volcánica.

El Sr. Daubrée, en la importante Memoria sobre la relacion que las fuentes termales de Plombières (departamento de los Vosgos) tienen con los filones metalíferos, publicada en 1857 en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, dice terminantemente que los experimentos y estudios sintéticos han confirmado de un modo satisfactorio la idea de que la mayor parte de los criaderos metalíferos, y casi todos los fenómenos del metamorfismo, son efecto de la accion de las aguas minero termales. De donde deduce este ilustre geólogo, que tanto el yacimiento y posicion de estas, como su relacion con las dislocaciones del terreno en que se encuentran, la naturaleza de los depósitos que pueden formar en la superficie ó en el fondo de la tierra, y por fin, las acciones y reacciones químicas que determinan con frecuencia en las rocas inmediatas, todo esto debe, con sobrado fundamento, llamar la atencion del observador.

La mayor parte de las fuentes termales que en otros períodos de la historia terrestre determinaron la formacion de criaderos metalíferos ya no existen; bien sea que se hayan obstruido los conductos de salida por las propias incrustaciones que depositaron; bien efecto de dislocaciones posteriores en el suelo, que interrumpieron ó alteraron la circulacion interior de las aguas, ó resultado, en fin, del enfriamiento mas avanzado de estas ó de las rocas que atravesaban. Sin embargo, todavía subsisten muchos de estos manantiales, cuya relacion con los criaderos metalíferos, resultado de su propia accion, es evidente. El Sr. Daubrée cita muchos ejemplos de la coexistencia de ambos fenómenos, entre los cuales los mas notables son los siguientes: las fuentes termales de Baden, Wildbad y Liebenzell, situadas al N. de la Selva Negra, se encuentran en una region atravesada por filones de hierro, cuya conexion ha tratado de demostrar el Sr. Walchner en una Memoria llena de interés. En la misma cordillera el manantial de Badenweiler, cuyas aguas marcan la temperatura de 26°, aparece á pocos metros de distancia de un filon de cuarzo y galena. En los alrededores de Carlsbad y de Marienbad, en Bohemia, las fuentes termales y las aguas gaseosas se hallan relacionadas muy directamente con los filones de cuarzo, hierro oligisto y óxido de manganeso, tan frecuentes en aquella comarca. En la mesa central de Francia pueden citarse tambien varios ejemplos; así es que Grüner ha demostrado que en el departamento del alto Loira las fallas por donde aparecen las fuentes termales pertenecen al mismo grupo de dislocacion que los filones de cuarzo y de barita sulfatada. Los manantiales de Sail-sous-Couzan salen de un filon plomizo y barítico. Las aguas termales de Sylvanés (Aveiron) se encuentran en relacion inmediata con un filon de cobre gris. Una cosa parecida se observa en Courmayeur y Servoz, en los Alpes de la Saboya: segun el eminente Coquand, todavía se desprenden hoy de los filones de antimonio de Pereta y Selvena (Toscana), mofetas ó emanaciones sulfurosas, que depositan de contínuo el azufre y dan lugar á la formacion de cantidades considerables de yeso. En el famoso distrito de la Tolfa (Estados romanos), las fuentes termales rompen en el sistema mismo de dislocacion, al lado de los filones de galena, de hierro hidratado y de criaderos de alunita, relacionados con rocas traquíticas.

En España tambien poseemos algunos ejemplos de esta coincidencia, siendo notable, entre otros, el famoso criadero de Riotinto, formado por las aguas minerales mismas.

Pero los casos mas curiosos son los de Plombières, objeto principal de la Memoria de Daubrée, de la que proceden los datos que vamos apuntando. En las cercanías de este pueblo, y en el punto llamado la Côte de la Gendarmerie, las principales fuentes termales ó jabonosas aparecen en los sitios mismos ocupados por filones de cuarzo y espato fluor. El famoso manantial de Simon, el mas abundante de todos, se encuentra en medio de una red de filones de espato fluor.

En el paseo de las Señoras estos filones, relacionados tambien con aquellas aguas minerales, son de hierro oligisto cristalino, de Dolomia, y cal carbonatada cristalina; el cuarzo es bastante raro. Otro ejemplo notable de esta asociacion se observa en la llamada Chaude-Fontaine, cerca del pueblo de Dommartin, situado á 15 kilómetros de Plombières; las aguas aparecen allí en las inmediaciones de pequeños filones de cuarzo y de hierro oligisto.

Todos estos fenómenos termales están íntimamente enlazados, no solo entre sí los de Plombières y Chaude-Fontaine, sino tambien con los filones de cuarzo del valle llamado de Roches, y con los de cuarzo y hierro oligisto de la Poirie, como lo demuestra, entre otras razones de mucho peso, la similititud de direccion que ofrecen todos estos centros, los cuales puede decirse ocupan la misma línea de fractura, escalonada en varios puntos en la extension total de 24 kilómetros.

Las fuentes minerales de esta region clásica pertenecen, segun Daubrée, á dos períodos distintos: el primero posterior al terreno triásico, durante el cual contribuyeron á formar el cuarzo, el espato fluor y el hierro oligisto; el segundo, indeterminado en cuanto á su principio, corresponde al régimen que ofrecen hoy las aguas. Cualquiera que sea, sin embargo, la época geológica á la que deba referirse la segunda formacion de estos manantiales, lo cierto es que

entre aquella y esta ha experimentado la comarca movimientos y dislocaciones notables en el suelo, que se dejaron sentir en el interior de los filones mismos. Estos movimientos terrestres quedan demostrados por el estado del cuarzo, del granito y del espato fluor, que se presentan en los filones citados en forma de cantos redondeados, con señales de haber rozado los unos contra los otros; encontrándose unas veces sueltos, otras aglutinados por la arcilla, por el propio detritus de las rocas pulverizadas, y hasta por el espato fluor mismo. De modo que puede asegurarse que las aguas de dicha region cambiaron de condiciones, despues de haber adquirido aquella los rasgos que hoy ofrece su propio relieve, por efecto de los indicados movimientos.

Estos manantiales, á pesar de reconocer dos períodos en su formacion, y de ser en cada uno de ellos distinta la temperatura y composicion, ofrecen, no obstante, en toda su duracion algunas analogías dignas de mencionarse. Estas consisten: la primera, en que todavía contienen hoy fluoruros, depositando, como en otros tiempos, el espato fluor; y la segunda, en que llevan en disolucion actualmente silicatos alcalinos; y como, segun el mismo Daubrée, estas aguas en determinadas circunstancias precipitan el cuarzo cristalizado, resulta de ambos hechos demostrado el enlace íntimo que une la formacion de los filones de cuarzo y espato fluor, con las aguas que todavía aparecen en sus inmediaciones.

Tambien llama la atencion Daubrée en su citada Memoria hácia otros hechos no menos curiosos, y que prueban la accion mineralizadora de las aguas termales. El granito, en el que se encuentran los filones de cuarzo y espato fluor de Plombières, se encuentra unas veces incoherente y como arenoso, otras impregnado de un modo íntimo por los elementos mismos de los filones. El cuarzo y el espato fluor forman una red de venas y de numerosos riñones, como si la materia del filon se hubiera extravasado en la roca próxima, preparada de antemano, por la descomposicion, á recibirla ó á absorberla. El granito, con esta penetracion del elemento silíceo, adquirió en las inmediaciones del filon una gran dureza, tomando el aspecto de algunas variedades de arkosa silicatada.

Estas operaciones químicas producidas por las aguas minerales no se limitaron, segun este geólogo, á la formacion ó al relleno de los filones en la region granítica, sino que se extendieron hasta los terrenos de sedimento mismos, participando de iguales alteraciones hasta la arenisca de los Vosgos. Con efecto, los cantos ó chinas de que consta esta se ven comunmente cementados por el jaspe rojo y por el cuarzo hialino, á veces cristalizado; con menos frecuencia hacen este oficio el espato fluor y la barita sulfatada. Y los cantos mismos han experimentado una gran alteracion, presentándose frágiles y de aspecto vítreo.

Estos hechos tan curiosos, y que prueban hasta la evidencia la accion que en todos tiempos han desempeñado las aguas minero-termales en la formacion de los filones y en la alteracion que ofrecen muchas rocas, no son peculiares á la region de Plombières, haciéndose extensivas á otros muchos puntos en la cordillera misma de los Vosgos.

En cuanto á la penetracion de la sílice en la masa de la arenisca, ó en otros términos, á la silicicacion de esta roca, algunos quieren explicarla por el reblandecimiento que suponen debió aquella experimentar por la accion calorífera del granito que la atravesó. Pero Daubrée se opone á esta idea, diciendo que allí, como en otros muchos puntos, la silicicacion fué simple resultado de la vía química, enlazada de un modo directo con la formacion de los filones inmediatos. Es decir, que las aguas que depositaban cuarzo y espato fluor en las grietas ó hendiduras del granito, se elevaron, segun este geólogo, hasta las capas de arenisca abigarrada que lo recubren, formando en su seno grandes depósitos termales que originaron todas las modificaciones indicadas.

Despues de sentar estos principios que tan directamente confirman la idea emitida de la influencia que las aguas minero-termales ejercen en la formacion de los filones, el Sr. Daubrée se extiende en consideraciones importantes acerca de la formacion de varias zeolitas, de los ópalos, del aragonito y espato calizo, de la cal fluatada y de otras sustancias por la accion de las aguas, haciendo ver de paso los puntos de contacto que ofrecen todos estos productos con la formacion de los basaltos, de las fonolitas y de otras rocas consideradas hasta el dia como productos directos de la sola accion del calor, ó en otros términos, de la vía seca. Se desprende, pues, de lo dicho que la idea de la intervencion del agua en todos estos fenómenos de la química terrestre va ganando terreno de dia en dia.

En confirmacion de esto mismo, el Sr. Ebray, en una Memoria publicada en diciembre de 1859 en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, trata de demostrar la coincidencia de las fuentes minerales del departamento de la Niévre con las fallas del mismo. El estudio de esta cuestion, abordada ya por varios geólogos, ofrece, en sentir de Ebray, un doble interés especulativo y práctico; puesto que si por un lado la coincidencia de estos dos fenómenos y su enlace con los filones metalíferos nos induce á referirlos todos á una misma causa, por otro en aquellos países en los que la disposicion de las capas no deja aparecer las aguas al exterior, el conocimiento de esta coincidencia nos facilitará extraordinariamente el hallazgo de dichos manantiales, practicando las indagaciones en los alrededores ó cercanías de los mencionados accidentes geológicos. Ebray compara las aguas minerales, cuando se encuentran en semejante disposicion, á las artesianas, con la diferencia de que en aquellas las paredes de la falla hacen el oficio del tubo ó conducto que practica el hombre con la sonda en estas.

Este geólogo estudia minuciosamente la composicion del terreno en los puntos en que se encuentran las dos fuentes termales del departamento, que son la de Pougues y la de Saint-Honoré; y luego hace ver por medio de cortes hábilmente trazados en los sitios mismos, la coincidencia de las fallas ó saltos de terreno y las fuentes termales.

Hé aquí la disposicion de las diferentes capas del terreno jurásico en los alrededores de Pougues, uno de los puntos en que se nota mejor este hecho:

1 Calizas arenosas con silex y collyrites.	Vértice de las montañas de Mimon y de Givre.
2 Caliza blanca algo amarillenta con silex y ammonites coronatus.	Canteras de Pougues y de Trousanges.
3 Arcillas ferruginosas y bancos calizos con ammonites macrocephalus.	Canteras de Coques.
4 Caliza gris, sub-oolítica con pocos fósiles.	Canteras de Coques y de Mimon.
5 Margas blancas con foladomias.	Cuesta de Coques y de Mimon.
6 Calizas margosas amarillentas con venas azules, conteniendo pigurus depressus, nucleolites clunicularis, ammonites discus y arbustigerus (grande oolita y oxford).	Canteras de Tremblay, junto al castillo de la Malle.

7 Arcillas y margas azules con ammonites Parkinsoni.	Zanja del ferro carril de Pougues.
8 Oolita ferruginosa con ammonites Blagdeni, Humphriesianus.	Canteras de los alrededores de Fourchambault.
9 Caliza dura con entrochus.	Canteras de Fourchambault y de Martzy.
10 Arcilla azul, con vestigios de hierro en la parte superior y ammonitis insignis, variabilis, belemnites irregularis, etcétera (lias).	Pié de la cuesta ó ladera de Martzy.
11 Bancos calizos con gryphæa cymbium.	Estos bancos no asoman en las cercanías de Pougues.

De modo que por lo visto, entre la formacion de los criaderos metalíferos, la de las fuentes minero termales y los fenómenos ígneos ó dependientes del calor propio del globo, existe una tan íntima conexion, que se pueden referir los tres órdenes de hechos á una misma causa. Y si esta comparacion limitada hasta ahora á los caractéres físicos de estas manifestaciones terrestres, la hacemos extensiva al resultado de las análisis de que han sido objeto los productos de su accion, segun expresa el cuadro de la página 422, nos convenceremos aun mas de la verdad de esta teoría.

Por fin, la conviccion será completa cuando observemos la posicion y relaciones geognósticas de cada uno de estos fenómenos, pues casi siempre se encuentran en terrenos dislocados, no léjos de rocas plutónicas procedentes del interior de la tierra. Esto se nota en los criaderos metalíferos y en las fuentes termales; y en cuanto á los productos volcánicos, ellos mismos representan el elemento ígneo por excelencia.

La única diferencia que podria notarse entre unos fenómenos y otros, es la de que, así como las materias volcánicas pertenecen á la época actual ó á períodos muy recientes, los criaderos metalíferos y las fuentes minerales y termales por el contrario, si bien pueden hallarse en toda la serie de terrenos cristalinos y de sedimento, son mas comunes en los antiguos, como si ellos representaran una, la mas insignificante, de las manifestaciones volcánicas, en los períodos mas remotos de la historia terrestre.

De lo dicho se infiere, que los criaderos metalíferos, las fuentes termales y gran parte del metamorfismo que ofrecen ciertas rocas, son productos de una misma causa, á saber, el calor central; sin que se crea por esto que el agua haya dejado de tener tambien su participacion. Con efecto, pues, si los criaderos irregulares pueden explicarse satisfactoriamente por la sola expansion de la materia pétrea ó metálica, á la manera de lava, operacion en la que sin embargo, muchos hacen intervenir el agua, la sublimacion de los materiales á la manera del azufre, que explica la formacion de los filones propiamente dichos, no es exclusivamente determinada por la sola accion del calor, sino que casi siempre interviene en ella el vapor de agua, cualquiera que sea su procedencia.

Para explicar el orígen de los criaderos metalíferos y de las aguas termales, hay que apelar tambien á la electricidad que ha desempeñado á todas luces una accion muy directa, y á esa fuerza de esencia desconocida, pero de resultados bien notorios, llamada catalítica, en virtud de la cual se verifica la combinacion de dos cuerpos por la interposicion de un tercero que, sin embargo, no toma parte en el compuesto. La accion de estos dos últimos agentes es clara y evidente en la formacion de los criaderos llamados irregulares.

Estos principios, no obstante, son tan solo aplicables á los criaderos irregulares y á aquellos que ofrecen una estructura cristalina tanto en el mineral como en la propia ganga. Algunas veces estos se hallan representados por una especie de brecha ó de conglomerado confuso en el que los fragmentos proceden de las paredes de la caja y el metal parece hacer el oficio de cemento. En este caso hubo, al parecer, una especie de sedimentacion de materiales procedentes de arriba. Cuando los metales se presentan en capas intercaladas en los estratos fosilíferos, y muy particularmente cuando alguno de los restos orgánicos aparece trasformado en la sustancia metálica, en estos casos tambien los criaderos son de sedimento, en el que descompuestos aquellos primero, fueron arrastrados despues al fondo del mar ó lago en que se depositaron.

En cuanto á los criaderos de hierro oolítico y pisolítico, son, á no dudarlo, resultado del arrastre por las aguas y su penetracion á través ó siguiendo la direccion de los estratos; ó bien formando verdaderas capas de masas concrecionadas; como se nota en los criaderos de hierro hematites del terreno cretáceo del este de la Península, en el Bonherz suizo y en otros muchos. Tambien en la formacion de estos criaderos es evidente la accion combinada del calor central de las aguas, pues estas, como indicamos al explicar la formacion del Bonherz, ofrecen todos los caractéres de los géiseres actuales. Si de lo dicho hasta aquí quisiera sacarse alguna razon para dar á conocer el orígen del granito y de todas sus variedades, de los pórfidos, serpentinas, y de los muchos accidentes que ellos ofrecen, como la presencia de cristales en la masa ó tapizando sus cavidades, de la formacion de las venas, bolsas, manchones, etc., podremos decir, que los elementos constitutivos de todas estas rocas se encontraban en un principio, á beneficio de la alta temperatura del interior del globo, formando una especie de *magma* ó de masa confusa, probablemente como fundida, en cuyo seno se verificaron las combinaciones químicas que dieron por resultado los principios inmediatos de dichas rocas. Estos cristalizaron confusamente, cuando la materia no tuvo lugar para desarrollarse convenientemente, ó llegaron á presentarse, por el contrario, en verdaderos cristales en el caso opuesto; y cuando alguno de estos elementos mineralógicos se halló en exceso, se concentró en puntos determinados de la roca, ora siguiendo la direccion de corrientes eléctricas, como sucede en las venas y diques de cuarzo, feldespato ó mica, accidentes tan comunes en el granito; ora alrededor de determinados centros, constituyendo esas manchas de distintos colores y formas, tan frecuentes en el granito de la sierra Carpentana y otros muchos.

Resumiendo todo lo dicho relativo al orígen y procedimiento de los criaderos, diremos, que los irregulares son efecto de la inyeccion del mineral á través de otros terrenos simultánea ó posteriormente á la aparicion de las rocas ígneas que forman su propia ganga; y que los filones propiamente dichos, ó los criaderos regulares, en la inmensa mayoría de los casos, son hendiduras del terreno abiertas anteriormente por efecto de la accion dinámica del interior del globo, rellenas despues por incrustacion de un modo muy análogo, si no idéntico, al que se observa en las fuentes minerales, en el que han tenido intervencion el calor central, elevando la temperatura, y el agua sirviendo de vehículo á las materias disueltas que tapizan las paredes de las hendiduras. Esto explica esta disposicion simétrica en capas paralelas de ganga impregnada de sustancia metálica, característica de esta clase de criaderos.

Como consecuencia de esta teoría, que está en un todo conforme con las ideas generalmente admitidas hoy en la

ciencia, se infiere que los criaderos metalíferos, léjos de estar esparcidos al acaso, deben formar ú ocupar determinados centros ó distritos, así como los minerales que los componen se agrupan en asociaciones naturales cuyo conocimiento debe ser, y es con efecto, de la mayor importancia.

En los diferentes países de Europa los criaderos metalíferos ocupan señaladas regiones, constituyendo distritos que no solo están determinados por la presencia de los metales, sino tambien por ciertos caractéres orográficos, efecto del metamorfismo y dislocacion de los estratos que determinó la aparicion de las masas plutónicas formando el eje mismo de los levantamientos.

En Inglaterra existen cuatro grandes distritos, á saber: el de Cornwallia, el de Cumberland, y los de los condados de Derby y Devon. El primero, que es el que suministra todo el estaño y gran parte del cobre que se consume en Inglaterra y en el continente, se halla en relacion con el terreno granítico; los otros proporcionan gran parte de la galena, del hierro y las calaminas ó zinc silicatado y carbonatado, y pertenecen á los terrenos primarios, esto es: los de Cumberland y Derbyshire al terreno carbonífero, y el de Devonshire á las arcillas pizarrosas y areniscas del terreno silúrico.

En Francia existen cinco grandes regiones metalíferas, y son: 1.ª la de la Bretaña; 2.ª la de los Vosgos; 3.ª la de la meseta central, que comprende la Auvernia, el Limousin, el Forez, el Vivarais y los Cevenas; 4.ª la de los Pirineos, y 5.ª la de los Alpes. Estos distritos corresponden exactamente á los cinco grandes centros de levantamiento, de metamorfismo y dislocacion, que constituyen é imprimen un carácter especial á esta parte de Europa.

En Rusia las grandes y ricas explotaciones que tanta importancia le dan, se hallan concentradas en los montes Urales, en el Altai y en la Dauria, region montañosa del Asia que separa el lago Baikal del Océano oriental.

En Alemania existen varios distritos metalíferos, y principalmente el del Hartz, el de la Thuringia y del Erzgebirge, famosos no solo por la antigüedad de sus explotaciones, y por la gran perfeccion con que están dirigidas, sino que muy particularmente el último, en cuyo centro está situada la ciudad de Freiberg, por haber servido de campo á las observaciones del gran Werner, sobre las que fundó la mayor parte de las reglas y principios que rigen hoy la explotacion de minas.

En Italia están tambien circunscritos los criaderos metalíferos á los distritos de Traversella y Coñi en el Piamonte, y á la cordillera metalífera de la Toscana, así en el continente como en la isla de Elba.

Por último, en España, además de los criaderos generales de combustibles y de hierro oxidado y hematítico tan abundante y excelente en varios puntos de las Provincias Vascongadas, en Asturias y en otras localidades, circunscribiéndonos á los criaderos particulares, existe una porcion de distritos sumamente importantes, mas numerosos que en el resto de Europa; lo cual está tambien en relacion con la complicada constitucion física, y consiguiente orografía de la Península.

La mayor parte de estos criaderos pertenecen á los terrenos primarios, los cuales puede decirse que son en España los metalíferos por excelencia. Entre los distritos españoles de la Península se cuentan como mas famosos el de los Estaños en Galicia y Asturias, y muy particularmente el de las inmediaciones de Monterrey y Diana, Rivadeo y Concejo de Salas, criaderos que tal vez deban reputarse como los mas antiguos de esta parte de Europa, puesto que, segun el Sr. Ezquerra del Bayo, se encuentran en el granito y en el gneis inmediato á esta roca. En Sierra Morena se halla una porcion de distritos, situados en terrenos primarios muy antiguos, cuyos accidentes orográficos están enlazados con la presencia de pórfidos anfibólicos, dioríticos, feldespáticos y cuarcitas, que ofrecen de comun el presentarse los metales en filones de gran potencia, si bien escasos en número, en forma de capas concordantes con las del terreno pizarroso, ó en los puntos de contacto entre este y los pórfidos. Entre ellos son notabilísimos los de mercurio de Almaden, pertenecientes al terreno silúrico y al devónico en parte, en relacion con pórfidos dioríticos. Las famosas minas de Guadalcanal, Cazalla, Riotinto y Linares, en las que se explotan la plata, el cobre y el plomo; el antimonio de Santa Cruz de Mudela, las calaminas de San Juan de Alcaraz, etc., forman otro distrito, cuyos criaderos arman en terrenos primarios algo mas modernos, accidentados por la aparicion del granito; circunstancias que lo asemejan mucho á los famosos del Hartz.

La sierra llamada de los Santos, en la que se explota la galena, el cobre y algo de hierro, en terreno silúrico influido por pórfidos anfibólicos, constituye otro distrito importante en esta cordillera, en relacion con el célebre criadero de carbon de Belmez y Espiel.

El de Gador, tan famoso por sus plomos, forma uno de los mas notables de España.

Los numerosos criaderos de plomo argentífero de Sierra Almagrera, que tantas riquezas han suministrado y están suministrando en la actualidad, forman un distrito bien determinado y característico, enclavado en los terrenos primarios antiguos mas ó menos dislocados por la aparicion de pórfidos, de dioritas, y hasta de rocas volcánicas modernas, segun consta de las observaciones de los señores Pellico y Maestre. Sierra Nevada constituye uno de los distritos mas ricos é importantes, por la riqueza y variedad de metales de hierro carbonatado, cobre sulfurado y plata, que arman en rocas serpentínicas, segun ha demostrado recientemente el último de los mencionados ingenieros. En la Sierra Carpentana las importantísimas explotaciones de plata nativa, oxidada, yodurada, sulfurada etc., de Hiende-la-encina, en la provincia de Guadalajara, en terrenos igualmente antiguos, probablemente en el silúrico, es otro distrito, el mas notable tal vez de España, y el único en que la plata se halla en distintas combinaciones. Extremadura representa otra region metalífera importantísima en la Península, como lo demuestran las explotaciones de oro en las Navas de Ricomalillo, la de la Dehesa del Borracho, y otras varias. Tambien deben mencionarse los criaderos de hierro de Somorrostro, y otros en las Provincias Vascas, y en el terreno carbonífero de Asturias.

Tales son los hechos mas notables y dignos de estudio que ofrecen los criaderos generales y particulares; asunto de la mayor trascendencia por sus aplicaciones inmediatas á la industria, y en el que hemos tenido que limitarnos á las consideraciones mas generales, dada la índole de la obra, debiendo referirse á tratados especiales todos los pormenores que no hemos podido dar aquí. Si de los datos expuestos y de la teoría de la formacion de los criaderos queremos obtener el resultado inmediato para la pesquisa ó indagacion de sustancias útiles, conviene recordar los fundamentos de dicha teoría. Fundada esta en la accion mixta del fuego y del agua, lo primero que ocurre, como consecuencia lógica, es buscar los criaderos metalíferos en puntos donde el hidrotermalismo terrestre se ha dejado sentir de un modo mas eficaz; y como quiera que este, entre otros resultados importantes, ha determinado los centros de erupcion y levantamiento, las grietas y otros accidentes, tales, por ejemplo, como el metamorfismo de las rocas, de aquí la consecuencia

inmediata es, que en los terrenos montuosos y accidentados y no en los llanos, es donde hay que esperar buen resultado de las investigaciones mineras.

Por otra parte, parece haber enseñado la experiencia, que entre los filones metalíferos, los llamados irregulares, que son los dispuestos en vetas, masas, etc., se hallan estrechamente relacionados con las erupciones porfídicas, hasta el punto de haberlas llamado metalíferas por excelencia, sin que esto signifique que todos los pórfidos deban llevar metales, pues con frecuencia estos solo se encuentran en sus alrededores; en su consecuencia, será un signo favorable para el hallazgo de criaderos el dar con una masa mas ó menos considerable de pórfidos. A pesar de esto, no se vaya á creer que las demás rocas hidro-termales, tales como las graníticas, y aun las ígneas ó volcánicas, se hallen excluidas de riqueza mineral, no siendo del todo estériles como han pretendido algunos. En confirmacion de esta verdad, Coquand cita los filones de hierro de la isla de Giglia (Toscana), empotrados en el granito; lo mismo se observa en los hierros de Gavorrano, en los de manganeso del pueblo de Pila, en la isla de Elba; el filon de hierro arsenical de Monte-Campana se encuentra en una roca cuarzosa enlazada con un granito que le sirve de salbanda. El filon de antimonio de Procchio (Elba), está íntimamente enlazado con los granitos del grupo occidental de la isla, y el mismo autor refiere tambien á los de Toscana la aparicion del de Pereta, de Poggio-Fuoco y de Selvena.

De esto se deduce la importancia que debe ofrecer el conocimiento de una clase de rocas en que con tanta frecuencia se encuentran materias útiles.

Conviene tambien tener presente, que cuando en un distrito se encuentran varias rocas eruptivas, pertenecientes á distintas épocas, la diferencia de la formacion y riqueza de los metales se determina por la edad de aquellas, lo cual podrá averiguarse por la inspeccion de los terrenos de sedimento alterados por la roca eruptiva. Esto no obstante, podrá suceder, que no existiendo sino una sola formacion porfídica, sean varios los minerales que en el distrito se encuentren; como se observa en el Hartz, donde siendo las rocas anfibólicas las metalíferas, se encuentran dos especies de hierro; el uno en criadero de contacto, subordinado al anfibol, y el otro en filones independientes de dicha roca.

En confirmacion de lo que antes dijimos respecto á la naturaleza relacionada con la edad de los filones y de las rocas con las que se hallan relacionados, debemos citar la Cornwallia, distrito minero de la Gran Bretaña, en donde el estaño y el cobre arman, por decirlo así, en pórfidos cuarcíferos, el paso que los de antimonio y plomo constituyen otra série de criaderos, relacionados con otras erupciones tambien porfídicas, pero mas recientes. De todo lo cual se deduce, confirmando la importancia de esta parte de la Geología aplicada, que á cada época de erupcion ó de otra clase de manifestaciones del interior del globo, corresponde diferente composicion y riqueza, así en los metales como en las gangas.

ARTICULO TERCERO

COMPAÑEROS Y ASOCIACIONES DE LOS MINERALES

Lo dicho explica por una parte la asociacion de ciertas especies minerales, y la repulsion de otras, y tambien las relaciones de cada una de ellas con determinados terrenos; principio de fecundos resultados, cuyas consecuencias se tocarán muy de cerca el dia en que la ciencia se halle mas adelantada en este ramo tan importante.

Estas asociaciones y repulsiones se observan en las sustancias pétreas y terrosas, lo mismo que en los metales propiamente dichos; como si la naturaleza quisiera confirmar el principio de que existe realmente un órden geognóstico en la aparicion de minerales, que si bien en el estado actual de la ciencia hay que contentarse con indicarlo, es de esperar que observaciones y hechos posteriores lo pongan en toda su evidencia.

El feldespato se encuentra en toda la série de rocas de orígen ígneo, desde los granitos hasta las lavas modernas, con la sola diferencia de variar algun tanto su composicion, sus caractéres, y tambien su cantidad respectiva, que es mayor en los terrenos modernos que en los antiguos.

El cuarzo es otra de las sustancias pétreas mas comunes y esparcidas en la naturaleza, y aunque recorre casi toda la escala geognóstica, no obstante, adquiere un gran desarrollo y va en aumento gradual á medida que se hacen mas antiguos los terrenos, mientras que, por el contrario, disminuye y llega á desaparecer por completo en los modernos. De manera que la existencia, la proporcion ó la falta de este elemento, puede servirnos de norma para apreciar la edad á que pertenecen las rocas en que se encuentra.

A la mica le sucede lo propio. El espato fluor, que comunmente sirve de ganga á ciertos minerales, es peculiar de los terrenos mas antiguos.

A la piedra caliza le sucede lo contrario que al cuarzo; es decir, que aunque se encuentra en casi todos los terrenos, su proporcion va en aumento á medida que estos son mas modernos; de manera que hay una especie de repulsion mútua entre estas dos rocas.

Encuéntranse además ciertas y muy curiosas asociaciones entre algunos elementos geognósticos, como se observa entre el peridoto y la serpentina, hasta el punto de ser esta una especie de metamórfosis ó epigenia de aquel, cuyas formas cristalinas toma en algunos casos, como en los ejemplares de Grangesberget, en Suecia, traidos por mi en 1869; metamórfosis que ha demostrado el Sr. Mac Pherson, fundado en estudios micrográficos, en la interesantísima Memoria publicada en los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* en el año último. Tambien es frecuente la asociacion del peridoto en el piróxeno y hierro magnético en el basalto; del piróxeno y de la anfigena, en el leucitofido; de las calizas con las arcillas y los yesos, de estos con la Dolomia y la sal comun, de la barita con la estronciana, azufre y á veces aragonito. Otras veces, por el contrario, se nota una especie de repulsion entre ciertos minerales y otros, como se observa entre el cuarzo y la caliza, aunque estas últimas se hallan á veces hasta tal punto penetradas por la sílice, que llegan á ser reemplazadas por esta, si bien esto es efecto de operaciones químicas posteriores: entre el piróxeno y el anfibol tambien parece existir una especie de compensacion, pues si bien aquel suele presentarse en algunos terrenos muy antiguos, es mas abundante en las rocas porfídico-magnésicas y en las volcánicas, al paso que el anfibol, apenas se encuentra como accidente en las rocas ígneas modernas ó volcánicas, formando parte esencial de cierto grupo de rocas graníticas, de las cuales parece hallarse siempre excluido el piróxeno. Pudiéramos multiplicar indefinidamente estos ejemplos; pero los indicados bastan para formarse idea de un hecho que tanto puede excitar la curiosidad del lector por la relacion que guardan con lo que en sentido metafórico pudiéramos llamar Fisiología terrestre.

El hierro es entre los metales uno de los que puede decirse pertenece á todas las épocas geológicas, haciendo frecuentemente el oficio de ganga ó matriz, como el feldespato lo hace respecto del piróxeno y de la anfigena en las rocas volcánicas. Lo que varía en los distintos periodos son los elementos con los que está combinado este metal, pudiendo

decir, en general, que los carbonatos pertenecen á épocas mas antiguas que los óxidos.

El extaño y el wolfran ó tungsteno, que casi siempre son compañeros, pertenecen casi exclusivamente á terrenos muy antiguos, de lo cual poseemos una buena prueba en los criaderos de Galicia, situados en los terrenos graníticos y silúricos, acompañados de cuarzo, de anfíbol y mica.

Entre los metales es notable la afinidad constante del oro por las piritas de hierro é hidróxidos, resultado de su propia descomposicion, así como en estado nativo, en los aluviones metalíferos, siempre va acompañado del platino, del rodio, osmio, iridio, y de muchas piedras preciosas.

Es igualmente curiosa la afinidad de la plata sulfurada con la galena, de los minerales de cobalto con los de nikel, de los óxidos de hierro, de manganeso y de titano.

Por el contrario, otros metales, al presentarse solos ó aislados, dan á entender una especie de repulsion característica; en este caso se encuentran el cinabrio, la calamina, el platino y otros.

Discuriendo el Sr. Prado en la última Memoria sobre el criadero de cinabrio de Almaden, al indicar el aislamiento y la especie de repulsion que parece manifestar respecto de los otros metales, dice que estas circunstancias son comunes á todos aquellos que se presentan en capas ó en filones capas, como suele decirse. Este yacimiento es el que afecta dicho metal, y está comprendido en la regla, si bien es cierto que aun en los casos raros de hallarse en filon, tambien ofrece el mismo aislamiento.

Estas relaciones y repulsiones se observan hasta en los filones mismos, cuya naturaleza y riqueza, por lo general, cambian cuando los astiales ó las paredes de la caja que los contienen varian de naturaleza, ó á veces simplemente de estructura. Esto, que prueba la relacion íntima que existe entre el continente y el contenido, por la accion que los gases y las aguas han ejercido sobre las rocas de la hendidura al tiempo de formarse el filon, puede servir de gran recurso para dirigir los trabajos; no habiendo un solo minero experimentado que ignore este hecho tan capital. Cuando el filon ensancha, enriquece ó rinde mas en igual masa de ganga, sucediendo lo propio en los entrecruzamientos. Si empieza pobre en roca dura, se observa que no aumenta la proporcion del metal hasta que pasa á otra blanda, y viceversa.

De lo dicho hasta aquí se infiere, que lo primero que procede cuando se trata de explorar una region en busca de minerales, es conocer bien su constitucion geológica, fijándose muy particularmente: 1.° En los accidentes orográficos y en las causas que los han producido; supuesto que los criaderos metalíferos están siempre enlazados íntimamente con terrenos dislocados y con las rocas igneas que representan el eje de los levantamientos en las cuencas en que se encuentran. Y 2.° en la naturaleza de las rocas que entran á formar los terrenos de la region que se explora y en su estado natural ó metamórfico, supuesta la relacion íntima que se nota entre ciertas sustancias como ganga y determinados metales por un lado, y la coincidencia que existe entre los criaderos irregulares y la causa del metamorfismo de las rocas por otro.

Si en este exámen encontramos en la superficie la extremidad ó cabeza de algun dike ó muralla, algun canto rodado de metal conocido como compañero de aquel ó aquellos que nos proponemos encontrar, ó algun fragmento de roca como la barita sulfatada, el espato fluor, el carbonato de hierro, el espato calizo y otras sustancias que en terrenos análogos hacen los oficios de ganga del mineral que se busca, tendremos todos los datos necesarios para prometernos un buen éxito en la exploracion y explotacion.

Ahora, en cuanto al punto donde deban practicarse los pozos ó galerías de reconocimiento, recordando que segun su orígen y relaciones geognósticas, los criaderos metalíferos ó se encuentran en las rocas mismas de erupcion ó en los planos de contacto de esta y de los materiales de sedimento ó impregnando las rocas metamórficas ó en hendiduras que siempre están en relacion con las dislocaciones de los terrenos, es claro que el exámen detenido de la region ó distrito que se explora será el único dato seguro para marcar ó fijar este punto.

Por lo que toca al modo de hacer estas exploraciones y á las reglas á que hay que atenerse para la abertura de pozos, galerías, etc., si bien es cierto que la mejor base para dirigir bien estos trabajos es indudablemente el perfecto conocimiento de las condiciones geológicas del punto ó puntos en donde se emprenden, sobre que no es posible dar asi de un modo general reglas y preceptos, el entrar en detalles sobre la materia no es propio de esta obra y sí de tratados especiales cuya lectura se puede recomendar á las personas que deseen mayor ilustracion en la materia (1).

Para completar esta parte de la Geología aplicada, vamos á dar una sucinta descripcion de las especies metálicas mas importantes, exceptuando las de hierro y manganeso que, como especies geognósticas, fueron ya descritas en lugar oportuno.

Despues del hierro el cobre es uno de los metales que por sus variadas aplicaciones puede considerarse como uno de los mas importantes.

COBRE NATIVO.—Esta variedad, ó mejor especie de cobre, se distingue por un color rojo especial que lleva su propio nombre; cristaliza en varias formas, pero especialmente en octaedros del sistema cúbico, es tenaz y maleable; se disuelve en el ácido nítrico con efervescencia viva, comunicando á la disolucion un color verde.

COMPAÑEROS Y CRIADEROS DEL COBRE NATIVO.—Este metal casi siempre va acompañado de otras especies, de ocres de diferentes colores, de galena, de barita, espato fluor, etc. A veces suele presentarse en masas considerables de aspecto caprichoso, llamadas pepitas; de que el Museo de Historia Natural posee una, procedente de las famosas minas de Atacama (en el Perú), de peso 500 kilos, regalada por D. José Insausti, cónsul de España en Cobija (México), ofreciendo la particularidad de hallarse cubierta casi toda su superficie de bonitos cristales octaédricos.

En la region que rodea hácia el sudoeste el lago Superior (América del Norte) encuéntrase esta especie en inmensos filones de cobre nativo argentífero, subordinados á pórfidos de labrador, que atravesaron areniscas silúricas. El señor Jackson dice haber visto una pepita de 1,360 kilos, hallada en el rio Onontaga; y Rivot cita el caso de una masa desprendida de las minas de South-Cliff de mas de 30 metros de altura, de 8 á 12 de ancho y en algunos puntos mas de dos metros de grueso: á veces se encuentra el cobre nativo diseminado en rocas eruptivas antiguas, como se ve en Oberstein, en el Palatinado.

En Linares esta especie se halla asociada á la malaquita y azurita y al cuarzo, y segun Rojas Clemente abunda en el cortijo de las Carrascas junto á Baza, y en Lubrin, Berchul y Treveliz.

PIRITA DE COBRE.—La combinacion del cobre con el azufre recibe el nombre de pirita, casi siempre acompa-

(1) Véase Ezquerra, *Laboreo de Minas*.—Burat, *Géologie appliquée* y *Théorie des Gîtes metallifères*, dos tomos en 4.°—Combes, *Explotation de Mines*, etc.

ñada de cierta cantidad de la de hierro, que la hace mas ágria y menos fusible. La sustancia en sí es fácil de distinguir por su color amarillo de bronce, de brillo metálico, á veces de aspecto irisante, en general cristalizada en formas procedentes de un prisma regular de seis caras; tambien se presenta en masas laminosas y compactas; se deja rayar por una punta de acero y pierde su brillo en la raya; es dúctil cuando pura, dejándose cortar con facilidad; es soluble en el ácido nítrico.

Esta pirita se encuentra muy abundante en forma de filones en terrenos primarios y tambien en algunos secundarios, acompañados de carbonatos, de cobre nativo y de otras especies del mismo metal.

Las famosas minas de cobre de Cornwallia y del Hartz, como las no menos célebres de Riotinto en España, pertenecen á esta especie que es la que suministra la mayor parte de metal que se consume en el comercio.

En Riotinto, aunque se beneficia el cobre, sin embargo, este metal se halla en piritas de hierro cobrizo que rinden hasta 1/5 p%: desde Riotinto corre una zona con estos caractéres hasta Portugal, en la extension de 14 leguas, en la que se citan el Castillo de las Guardas, Tinto, la Peña del Hierro (provincia de Huelva), etc. Tambien son notables los numerosos y abundantes criaderos de Sierra-Nevada.

Los cobres sulfurados descomponiéndose se convierten en sulfatos ó vitriolos solubles que gozan de la propiedad de precipitarse al contacto de una lámina de hierro, reemplazando completamente á este último. Esta operacion se llama cementacion y el cobre que se obtiene es bastante puro y de muy buena calidad.

Este es uno de los procedimientos que se emplean en Riotinto, en donde tambien se emplea la fundicion.

El cobre piritoso se encuentra unas veces en filones como en Cornwallia, Sajonia, el Hartz y en otros puntos; otras en masas irregulares como en Fahlun (Suecia), y tambien en nódulos, riñones ó venas en medio de areniscas de distintos períodos geológicos. En Chessy, cerca de Lion (Francia), se le ve en la arenisca abigarrada; en Chegaga (provincia de Constantina), existe junto con el carbonato azul y la galena, diseminado en una arenisca del terreno terciario medio. En Campiglia (Toscana), se encuentra en la masa de un piróxeno fibroso que forma dikes eruptivos en el terreno jurásico y hasta en el nummulítico. Los filones de esta especie de cobre ofrecen en Toscana una circunstancia muy curiosa, á saber: que siendo casi nula su potencia en su parte superior, se dilatan rápidamente á medida que se profundiza, adquiriendo á veces la forma de una cuña de 15 y mas metros de grosor.

En las famosas minas de Bailen la pirita asociada á la galena argentífera, que tan pingües resultados da á sus propietarios, se presenta en grandes masas estalactíticas, cubierta la superficie de pequeños cristales ofreciendo un aspecto tubular y estructura cavernosa, como si se estuviera viendo el agua, allí muy abundante, que ha formado dicho criadero.

En el gabinete de Historia Natural pueden verse dos magníficos ejemplares, que antes figuraron en la exposicion celebrada en Madrid en 1873, regalados por los Sres. D. Joaquin Isern y Amado Salazar, á instancias mias, por la importancia que tienen, como demostracion evidente del hidrotermalismo en la formacion de los filones.

La combinacion del óxido de cobre con el ácido carbónico constituye, segun las proporciones de ambos elementos y del agua que tambien entra en su composicion, dos sustancias de aspecto pétreo por lo comun, de estructura concrecionada y tambien en cristales, aunque raras veces son perfectos, á saber: la malaquita de color verde muy hermoso, distribuida en forma de fajas ó aguas, y la llamada azurita, de un color azul muy subido y uniforme.

Compañeras casi inseparables una de otra, y entrambas de otras especies de cobre, se presentan tambien en forma de las nódulos ó masas, siempre de escaso tamaño, diseminadas en las capas de los terrenos de sedimento en que se encuentran.

La localidad mas antigua y famosa que se conoce de estas dos especies de cobre, empleadas mas bien como piedras de adorno que como sustancia mineral, es la de los montes Urales en Rusia. Tambien las poseemos nosotros en Linares, en Hinojosa de Córdoba, en Benasque, Onis (Asturias) y en otros puntos de la Península, y en las colonias, especialmente en las ricas minas de la Isla de Cuba.

La produccion del cobre en las distintas regiones de Europa es la siguiente, segun Coquand:

	Quintales métricos
Inglaterra.	250,000
España.	50,000
Rusia.	38,000
Austria	25,000
Suecia y Noruega. . . .	18,000
Alemania del Norte. . .	15,000
Toscana.	4,000
Francia.	1,000

Aunque la existencia del plomo nativo está puesta fuera de duda, yo tuve el gusto, en 1869, de ver un hermoso ejemplar cristalizado en el museo de Estocolmo. Entre sus combinaciones la mas notable es la que se llama galena, formada de azufre y plomo en proporciones determinadas, y es la única de que debemos ocuparnos, pues los óxidos, carbonatos, sulfatos y las demás variedades, ó son poco importantes por su escasez, ó son el resultado de la descomposicion de aquella.

La galena ó sulfuro de plomo es una sustancia de aspecto siempre metálico, brillante, de color blanco algo gris, de estructura por lo comun hojosa, granuda, laminar y cristalizada en cubos ó en formas derivadas de este sistema. La tendencia constante de este metal á tomar la forma indicada, se pone de manifiesto cuando se rompe ó fractura, pues siempre se separa en pedazos mas ó menos regularmente cúbicos. La galena no solo es importante por suministrar la mayor parte del plomo que bajo tantas formas se consume en el comercio, sino tambien por ser compañera casi inseparable de la plata ya pura, ya combinada con el azufre, constituyendo sulfuros. Cuando la proporcion de este metal llega á cinco milésimas, se puede considerar como rico.

En algunas minas del distrito de Freyberg suele llegar á uno por ciento. En su composicion suelen entrar tambien los sulfuros de bismuto y antimonio, y en este caso la galena recibe los epítetos de antimonífera, busmutífera y argentífera. En general la que contiene plata suele ofrecer un color gris algo blanco y como acerado: las láminas son pequeñas y á veces la estructura es granuda, ofreciendo un conjunto de caractéres que suelen variar segun la localidad, y mas fáciles de distinguir por una persona experimentada, que de dar á conocer con descripciones por detalladas que sean.

Ya en su tiempo dijo el Sr. Rojas Clemente que cuanto mas laminar y hojosa es la galena, tanto mas pobre es en plata, si bien por otro lado estas variedades tienen la ventaja de fundir con mas facilidad.

Los compañeros mas comunes de la galena son el cuarzo, el espato fluor, la barita y la caliza cristalizadas, la blenda, el hierro espático, la pirita comun, la cobriza y arsenical, la plata roja y nativa y otras.

El Sr. Rojas cita un hecho muy curioso en la relacion de su viaje á Granada, á saber: que en la Sierra de Baza, en las minas de Turon y Gádor, y en muchos otros puntos de aquella comarca, la galena va casi siempre asociada de fosfato de cal bajo la forma de apatita ó de fosforita, en pequeñas masas informes.

La galena se presenta en filones y en masas, venas ó bolsas en el gneis, pizarras arcillosas, areniscas y demás rocas de los terrenos primarios, en los secundarios y hasta en otros mas modernos. Coquand dice que los filones de Massa y Campiglia (Toscana) pertenecen al terreno mummulítico, y que los de plomo y cobre de Chigaga se encuentran en areniscas del terciario medio ó mioceno. La mayor parte de los abundantísimos criaderos españoles pertenecen al silúrico, devónico y carbonífero en relacion con rocas porfídicas y dioríticas. Sierra Almagrera, Linares, Castuera (Extremadura) y tantas otras, atestiguan la liberalidad con que la Providencia dotó á la Península de esta sustancia preciosa.

En Falset y Linares arma la galena en el gneis, habiéndose presentado en la exposicion ya indicada de 1873, magníficos ejemplares de estudio y muy especialmente uno de la propiedad de D. Genaro Villanova, procedente del segundo punto indicado, de tamaño extraordinario, viéndose no solo el filon en todo su espesor de mas de 0,50^{m}, sino las salbandas de gneis, todas impregnadas de galena; tambien puede esto considerarse como curioso ejemplo de la accion de las aguas en la formacion de los filones, pues hasta descompusieron profundamente toda la roca matriz.

Coquand estima la produccion del plomo en Europa del modo siguiente:

	Quintales métricos:
Inglaterra..	500,000
España.	450,000
Alemania del Norte. . . .	95,000
Bélgica.	50,000
Austria..	35,000
Rusia..	25,000
Francia.	4,700
Cerdeña.	2,000
Toscana.	1,800
Suecia y Noruega.	600

El estaño, otro de los metales mas importantes por sus aplicaciones, solo se presenta en la naturaleza en estado de óxido y de sulfuro; aquel, resultado de la combinacion con el oxígeno, y este con el azufre; pero atendida la escasez con que se presenta el último, puede decirse que la única especie que nos interesa conocer es el oxidado, conocido tambien con el nombre de casiterita, de *kasiteros*, voz griega que significa estaño.

El estaño oxidado es una sustancia de color pardo, negro ó rojizo, algo parecido al granate, á veces amarillento ó blanquecino. Cuando se presenta compacto, difícilmente se diria que es metal; cuando cristaliza, sus caras son brillantes, algo estriadas, y lo verifica en prismas de cuatro caras con apuntamientos sobre las aristas; los cristales raras veces se presentan aislados, y sí por lo comun agrupados, penetrándose mutuamente é imitando hemitropías. Es muy duro, raya al vidrio, y se deja rayar por el topacio. Asociada por lo general al wolfram y á la pirita arsenical, la casiterita, cuyos compañeros pétreos son el cuarzo, la mica y el espato fluor, la litomarga, el talco y otros, se encuentra en filones, en masas y diseminada en granos en los terrenos graníticos y en los del gneis, pizarras, areniscas y otras rocas de los llamados primarios, y especialmente en el silúrico inferior ó cámbrico segun otros. Beudant cita la mina de San Felipe (Méjico), como perteneciente al grupo secundario, y segun Coquand se ha encontrado recientemente en los granitos modernos de la isla de Elba. Además el óxido de estaño se encuentra en aluviones modernos parecidos á los del hierro, y del platino, oro y otros metales, con la particularidad de ser el mas apreciado en el comercio por su gran pureza.

En diferentes puntos de Galicia y Asturias, especialmente junto á Monterrey, en los alrededores de Viana, en la jurisdiccion de Montes (Pontevedra), no léjos de Rivadavia, y en Castropol, segun indicaciones del Sr. Schulz, en la descripcion geognóstica de Galicia y en la primera reseña sobre Asturias, se encuentra este metal en terrenos muy antiguos. En la provincia de Zamora es muy abundante y se halla hoy en explotacion.

Las famosas minas de Cornwallia en Inglaterra, son las que suministran la mayor parte del estaño que se consume en Europa. La Alemania septentrional, Austria, Suecia y Noruega tambien llevan su contingente, pero en escala mucho menor.

Tampoco el *zinc* se encuentra en estado nativo, si bien es abundante combinado con otros elementos, siendo la mas importante de sus especies el sulfuro ó *blenda*, y el carbonato y silicato, por otro nombre llamados calamina y zinconisa.

La *blenda* es un metal resultado del zinc con el azufre, de color amarillo, negro ó pardo, con lustre poco metálico, algo brillante, de estructura granuda, laminar, concrecionada ó cristalina, tendiendo á las formas regulares del sistema cúbico, presentándose en tetraedros mal determinados, y algo confusos; en general es mas dura que el espato calizo; el polvo de su raya es gris, infusible al soplete, y cuando se la calienta sobre un carbon se descompone despidiendo un olor á ácido sulfuroso, quedando como residuo un polvito blanco, que es el óxido de zinc.

Compañera casi inseparable del plomo y de la plata, raras veces forma criaderos especiales.

Con el nombre unívoco de calamina se comprenden dos especies minerales, la una el carbonato, resultado de la combinacion del óxido de zinc con el ácido carbónico; la otra el silicato ó sea el óxido de zinc unido al ácido silícico. La circunstancia de ir estas dos especies casi siempre juntas, y la de que el carbonato raras veces deja de contener algo de silicato, han sido la causa de esta confusion. El Sr. Smithson fué el que distinguió las dos especies, y posteriormente el Sr. Beudant en honor de aquel químico llamó el carbonato de zinc Smithsonita, dejando el nombre de calamina para el silicato. De todos modos puede decirse que el carbonato es el que suministra la mayor parte del zinc que se consume en el comercio.

Los caractéres que le distinguen son el color blanco, amarillo, verdoso, azulado ó amarillento pardusco, de aspecto análogo al de una sustancia pétrea; la estructura es compacta, concrecionada ó cristalina afectando formas dependientes del romboédrico; se deja atacar por los ácidos nítrico y sulfúrico con efervescencia, y da por la calcinacion un esmalte blanco con una luz muy intensa.

El carbonato y silicato de zinc casi siempre van juntos y suelen encontrarse en minas de galena y cobre; aunque tambien forman á veces criaderos propios ó exclusivos, sin mezcla de ninguna otra especie metálica. La calamina, ora pura, ora asociada de la galena, de la Dolomia, de diversos ocres, de hierro pardo, de espato calizo ó de arcilla endurecida, se presenta en filones, en terrenos muy antiguos ó en grandes masas en períodos mas recientes. El primer género de criadero es mas frecuente, y á pesar de esto la mayor parte de la calamina que se beneficia, procede de los depó-

sitos en grandes masas ó stocwerks, por ser mucho mas productivos que aquellos. Entre los criaderos mas famosos de la calamina en grandes masas debemos citar los de Bélgica, y particularmente el llamado de la Vieille y Nouvelle Montagne (antigua y nueva montaña) situado cerca de Aquisgran, perteneciente, como los demás de esta region, al terreno antraxífero, cuyas rocas calizas impregnan, hallándose asociada con minerales de hierro muy abundantes, con arcillas y lignitos. En Inglaterra es célebre por la abundancia de calamina la cordillera de Mendip-Hill's, situada en su parte central, corriendo del noroeste al sudeste desde el canal de Bristol hasta Frome. Allí la calamina se encuentra asociada á la galena en la caliza magnésica, probablemente del terreno pérmico, en pequeños filones contemporáneos, que corren en todas direcciones formando una red complicada.

Los criaderos de la Silesia son, al parecer, mas ricos que los restantes de Europa. En dicha region forman dos masas enormes asociadas de la galena y de la Dolomia, empotradas en capas pertenecientes, en gran parte, al terreno triásico. La calamina de Figeac (departamento de Lot) se encuentra en el lias.

En España se conocen varios criaderos importantes, siendo el mas notable de todos el representado por una gran zona interrumpida que atraviesa las Provincias Vascongadas, Santander y parte de Asturias. En este distrito, en los términos de Potes, Cabezon, Selix, Udias, y en el puerto y pueblo de Comillas, es, segun observaciones del Sr. Naranjo, muy abundante y se presenta asociada con galena, blenda y otros metales en el terreno *liásico*, y en la Dolomia celular (vulgo cayuela).

Procedentes de este famoso distrito minero, posee el Gabinete de Historia Natural una preciosa serie de estudio, regalada por el que fué ayudante del establecimiento, D. Augusto Linares, y que figura hoy en la primera sala de Mineralogía; cuyos ejemplares ofrecen tal estructura concrecionada, testácea, estalactítica, arriñonada, etc., que dudo pueda presentarse mejor ejemplo de la accion de las aguas minerales en la formacion de los filones. De tal manera se parece por su aspecto aquella calamina á la caliza incrustante, que á primera vista cualquiera las confunde; solo el color lechoso, que no es frecuente en las estalactitas y estalagmitas calizas, y la densidad, pueden distinguirlas; dejando aparte por supuesto los caractéres diferenciales que nos suministra la Química. El proceso de este criadero, que pudiera llamarse por la sustancia que origina calaminizacion, hubo de continuarse desde la época jurásica en que segun el Sr. Naranjo principió, hasta los comienzos de la época cuaternaria; supuesto que entre los objetos regalados por el señor Linares figuran mandibulas con sus dientes y otros huesos de mamíferos, pertenecientes á dicho periodo.

En Riopar, junto á San Juan de Alcaraz, que segun todas las probabilidades pertenece al terreno del trias, existen grandes cantidades de este mineral.

En la provincia de Granada, en las sierras de Gádor y Baza, es riquísimo y abundante en la caliza silúrica.

La calamina se explota como las demás especies de zinc para procurarse este metal que se destina á fabricar el laton, resultado de la aleacion del cobre con el zinc. Tambien se destina este despues de oxidado, mezclándolo con aceite, á formar el color blanco que reemplaza con ventaja á la cerusa ó albayalde, pues no ofrece los inconvenientes de este.

Entre las varias especies que se conocen de mercurio, las únicas cuya descripcion importa á nuestro objeto, son el nativo y èl sulfurado ó cinabrio.

Y como quiera que el nativo por un lado, es conocido de todo el mundo, y por otro nunca ó muy raras veces se encuentra en bastante cantidad para formar objeto de una explotacion, bastará decir lo mas esencial acerca de la segunda especie.

El cinabrio, resultado de la combinacion del mercurio con el azufre, se distingue perfectamente por su color rojo granate claro, mas intenso cuando es puro, y sobre todo en los cristales que ofrecen cierta trasparencia; su peso específico es considerable; el polvo de su raya es de color escarlata característico.

Las diferentes variedades de este mineral se encuentran todas casi siempre reunidas, siendo sus compañeros ó asociados mas frecuentes el cuarzo, la amatista, algunas veces la barita, y alguna otra sustancia pétrea, con exclusion de todo metal, especie de aversion que parece ser característica del mercurio.

El cinabrio, segun Coquand, es mineral de filones. El del famoso criadero de Almaden forma tres filones, calificados de contacto por Burat, representados por tres filones-capas paralelos, concordantes con la estratificacion ondulada que ofrecen las areniscas y pizarras silúricas, en las que se halla enclavado el criadero, y tambien con el plano de contacto de la roca ó piedra frailesca, que forma una zona intermedia entre el terreno estratificado que contiene el cinabrio y los pórfidos anfibólicos, que tan directamente contribuyeron á dislocar y alterar la composicion de dichas rocas.

El cinabrio sublimado penetró en la masa de las rocas siguiendo el plano de las capas del terreno, intercalándose de un modo tan especial en las areniscas, que no es difícil encontrar pedazos de esta dispuestos segun los planos de estratificacion, en los cuales una cara se presenta cubierta de cinabrio puro y cristalino, mientras la otra apenas está teñida, ofreciendo el centro del ejemplar el tránsito mas evidente entre ambos planos.

El criadero de Almaden parece formar, sin embargo, una excepcion á la regla general, no solo por la cantidad fabulosa de metal que contiene, sino tambien por la edad del terreno á que pertenece, pues la mayor parte de los otros centros productores de esta sustancia se encuentran en los terrenos secundarios. Así, por ejemplo, en el antiguo ducado de Deux-Pontes, en Durazno (Méjico) y en Cuenca de Nueva-Granada, se halla el cinabrio en las areniscas rojas del trias; en Idra, en la Carniola y en Taia (Africa) ocupa las capas margoso-bituminosas del jurásico; y en Djebel-Hasnimat (Argel) la caliza neocómica, en la base del cretáceo. En Muñon Cimero, concejo de Pola de Lena (Asturias), se encuentra el cinabrio impregnando las areniscas del período carbonífero, llegando á penetrar en el carbon mismo, y hasta en los fósiles característicos de este terreno.

Hasta estos últimos tiempos todo el mercurio que se consumia en el comercio para la amalgamacion del oro y plata, y para los demás usos, bien conocidos de todo el mundo, procedia de Almaden, Austria y Baviera; pero recientemente se han descubierto ricos criaderos en la California, que han contribuido, junto con otras causas, á abatir considerablemente el precio de esta sustancia.

En la Península, además del gran criadero de Almaden, se encuentra el cinabrio en Chillon y Almadenejos, en Asturias, y recientemente en Chovar, Artana y Eslida se han denunciado y han empezado á explotarse unos criaderos de escasa importancia en el ródeno, ó sea en la arenisca del trias, que forma la sierra de Espadan (Castellon).

Aunque son muchas las especies de plata, las que mas conviene conocer son la nativa, la sulfurada, la antimonial sulfurada, y la clorurada.

La plata nativa se presenta en forma de arborizaciones, de cabellos, tambien en cristales dependientes del sistema cúbico, en láminas y á veces en masas de alguna consideracion.

Su color propio y el brillo que le es peculiar la distinguen perfectamente, excepto cuando se cubre de una capa negruzca, resultado de su combinacion con el azufre; entonces se necesita atacarla con el filo ó con la punta de una navaja para reconocerla.

Aunque algunas veces existe aislada, formando criaderos especiales y masas amorfas del peso de un kilógramo y mas, citándose dos pedazos de 1,000 kilógramos cada uno procedentes de la mina de Konsberg, sin embargo, lo comun es que se encuentre en los criaderos de plata sulfurada, clorurada y roja, como en las famosas minas de Guanajuato, Zacatecas y Copiapó, en América. En estas localidades se encuentra tambien en unos depósitos ferruginosos conocidos con los nombres de Pacos y Colorados. En Hiende-la-encina tambien se la ve en las mismas condiciones, resultado probablemente de la disposicion de las citadas especies. En Albiol (Tarragona) es abundante, asociada de piritas de hierro, que rinden hasta 30 onzas por quintal, segun el Sr. Maestre.

Uno de los distritos mineros de la Península, mas importantes, bajo el punto de vista de la plata nativa, es el de Almería; de donde se extraen cantidades fabulosas de este metal, casi siempre acompañado del hierro en diferentes grados de oxidacion. La plata nativa suele encontrarse en cabellos y en especies de dendritas en el mineral mismo, y tambien en láminas ó planchas de dimensiones á veces muy notables; habiéndome referido mi hermano D. José, ingeniero de minas que estuvo en aquel distrito hasta el año último, haber aparecido hace poco un ejemplar que vendrá á tener las dimensiones de una piel de cabrito, y como de un centímetro de grosor; alhaja que conserva uno de los afortunados propietarios de aquellas minas, donde este metal se distribuye entre los accionistas á espuertas, segun la frase de mi hermano, habiéndose repartido en poco tiempo ganancias fabulosas.

La plata sulfurada, especie la mas comun y la que suministra la mayor cantidad de este metal, es una sustancia de color gris de plomo ó de acero, á veces completamente negro por la alteracion de su superficie; de estructura laminar ó ramosa, algunas veces en dendritas ó arborizaciones, y tambien cristalizada en formas dependientes del cubo. En este estado amorfo ofrece la singularidad de dejarse cortar con el cuchillo.

Los compañeros habituales de esta especie son otras del mismo metal; la galena, la pirita comun, el hierro espático, el ocre, el espato calizo, la barita, el espato fluor, el cuarzo y otras sustancias que forman parte de su ganga. Generalmente se presenta en forma de filones en los terrenos antiguos, como por ejemplo en las pizarras cristalinas en Konsberg (Sajonia); en Kolivan (Siberia); en Condorasto y Pomallada (América central) y en Allemont (Delfinado).

Los famosos criaderos de Guanajato, Catorce y Zacatecas, se encuentran en pizarras arcillosas, pertenecientes tal vez al terreno silúrico. Los pórfidos anfibólicos y las sienitas contienen tambien criaderos tan célebres como los de Sthemnitz, Kremnitz y Kapnig en Hungría; Nagyag en Transilvania; Pachuca y Real del Monte (Méjico) y otros. Beudant refiere al terreno pérmico los riquísimos criaderos de Tehuilotepic y Tasco (Méjico) y los de Yaurichoca en el Perú.

En España se conocen varios criaderos, siendo los de Hiende-la-encina los mas notables, los cuales arman en el gneis, enlazándose su aparicion, segun Ezquerra, con los pórfidos de Alpedroches y los granitos porfídicos de Somosierra. En Sierra Nevada se halla esta especie en el cobre piritoso y hierro espático. La Exploradora, que segun Maestre rinde hasta 28 onzas por quintal, se halla en pizarras granatíferas (silúrico) y serpentinas, distantes media legua de las del famoso barranco de San Juan. La misma se halla en la propia dehesa de San Juan.

La plata llamada vulgarmente roja, es un compuesto de este metal, de antimonio y azufre, que se distingue por su aspecto no metálico, algo traslúcida; á veces cristaliza en formas romboédricas, siendo su carácter mas esencial el color rojo claro que ofrece, algo parecido al del cinabrio. Se conocen diferentes variedades de esta especie, llegando á 59 por 100 la proporcion de plata que rinde, cuando se presenta pura.

Se encuentra generalmente como subordinada á los criaderos del sulfuro de plata, asociada con frecuencia al arsénico nativo, á la plata arsenical y nativa, y tambien al cuarzo, como se nota en las famosas minas de Guadalcanal (Sevilla). En Hiende-la-encina se presenta acompañada de las especies anteriores y de los cloruros y es muy abundante.

La plata córnea resulta de la combinacion de este metal con el cloro, y se distingue por su aspecto terroso, de color blanco ó gris amarillento sucio, de estructura y dureza análoga á la de la cera, de modo que se corta en virutas con el cuchillo. Tambien á veces se presenta en pequeños cristales cúbicos, diseminados en la roca ferruginosa algo descompuesta, que en el Perú y Chile se conoce con el nombre de Pacos y Colorados.

Despues de la nativa esta es la especie que rinde mas, llegando la proporcion de metal que contiene hasta 75 por ciento. Asociada con la plata metálica, y ocupando generalmente la extremidad superior de los filones, esta especie es muy comun en los criaderos de América, de donde procede el famoso ejemplar, una de las mejores joyas, entre las muchas que encierra el Gabinete de Historia Natural de Madrid; pesa 10 arrobas y libras, pudiendo extraerse hasta siete arrobas de plata, si su rendimiento es de 75 por 100. En Hiende-la-encina tambien se encuentra esta especie asociada á los bromuros, yoduros y demás compuestos de plata, que constituyen la riqueza de tan famoso distrito. Se halla igualmente en la Bodera, Jarena y Argentera (Tarragona) el cloruro, penetrando las pizarras y el gneis, pero sin formar filon: en la primera dan hasta dos onzas por quintal; en las otras hasta 26 onzas.

A propósito de estas combinaciones de la plata, el Sr. Maestre, cuya larga práctica y vastos conocimientos le ponen á gran altura en el arte de la explotacion, hace observar, que el hecho mas notable que ofrecen los criaderos de este metal es el que, salvas pequeñas excepciones, siempre se encuentran asociados mas bien al elemento calizo que al silíceo; precisamente lo contrario de lo que sucede en los criaderos de oro.

Coquand expresa del modo siguiente la produccion de plata en Europa:

	Marcos (245 gramos)
Austria.	340,000
España.	160,000
Alemania septentrional. .	150,000
Rusia..	90,000
Suecia y Noruega.. . .	40,000
Inglaterra.	26,000
Francia.	8,000
Cerdeña.	1,000
Toscana.	800

ORO.—Este metal, por tantos conceptos precioso, y cuyo valor se regulaba hasta hace poco por su rareza ó escasez, se encuentra casi siempre en la naturaleza en estado nativo, formando una especie de excepcion á la regla general que siguen los otros metales.

El oro se presenta en forma de hojitas ó láminas, ó en arborizaciones y en granos, que reciben el nombre de pepitas cuando alcanzan algun tamaño; raras veces en cristales dependientes del sistema cúbico.

Generalmente el oro ofrece dos especies de criaderos; el uno, que puede considerarse como primitivo, es en filones, granos, hojuelas y cristales en rocas de cuarzo, que es casi su única ganga, en los terrenos graníticos y en los primarios mas antiguos, generalmente solo y sin asociarse á otro metal. La dificultad que ofrece la extraccion de esta ganga por su extremada dureza y la dificultad de fundirla, hace que este criadero no sea el mas productivo, teniendo muchas veces que renunciar á su explotacion. En España se hallan estos criaderos en varios distritos de Asturias, segun consta de las observaciones del Sr. Paillette; en las Navas de Ricomalillo (Extremadura), en el cuarzo silúrico, y principalmente en la Clavería de Alcántara, en la dehesa del Castillo, en Rosmorin Mal (Portugal), en Sierra Cabrera (Zamora) y en Cullar de Baza en filon en las cuarcitas silúricas.

La otra especie de yacimiento del oro no es primitivo y sí resultado de la descomposicion de la roca que lo contiene y del arrastre ó acarreo del metal á mayores ó menores distancias, encontrándose en forma de hojuelas, granos y pepitas entre las arenas, gravas y demás materiales sueltos del terreno del diluvio, en donde generalmente se le ve asociado del platino y sus compañeros, osmio, iridio, rodio, y de muchas piedras preciosas, como diamantes, rubíes, etc.

El trasporte del oro que determinó en períodos anteriores estos criaderos, es tan positivo, que hoy mismo se verifica en algunos rios, como en el Sil, en Galicia, y tambien, al decir de los poetas, en el Tajo y el Darro (Granada), en la provincia de Cáceres, cerca de Alcántara, en toda la línea de la provincia y en otros puntos de la Península.

Las famosas minas de la Siberia, del Brasil (en Villarica, Serra do Frio, Minas-Geraes y Rio-Janeiro), de las provincias de Antioquía, Chocó, Barbacoa en la Columbia, en Chile, y las no menos célebres de California y Australia, de donde se extraen anualmente muchos millones de marcos de este precioso metal, pertenecen á esta especie de yacimiento. El mineral se obtiene por medio del lavado de las arenas que constituyen un inmenso depósito en el terreno diluvial. En medio de las hojuelas y granos han llegado á encontrarse, sobre todo en Australia, pepitas de 50 y 60 kilógramos de peso.

El oro se encuentra tambien asociado á muchas piritas de hierro, dando á veces lugar á explotaciones importantes, como la de Macuñaga, en Saboya, inmediato á Monte-Rosa.

El Sr. Narses Tarassonko-Ostreschkoff, en su reciente obra intitulada: *De l'Or et de l'Argent, leur origine et quantité extraite dans toutes les contrées du monde connu*, divide la historia de la produccion del oro y la plata en seis períodos, desde el principio de la era cristiana hasta 1855; siendo curiosa la progresion creciente que se nota á medida que avanzamos hácia los tiempos modernos. La produccion media anual durante el primer período, es decir, desde la venida de Jesucristo hasta 1492, época del descubrimiento del Nuevo-Mundo, fué de 15.829,628 francos; en el segundo período, ó sea desde 1492 á 1810, que coincide con el principio del desarrollo de las minas de Rusia, llegó á 130.505,610 francos; durante el tercero, desde 1810 á 1825, alcanzó la enorme cifra de francos 252.510,098; en el cuarto, que abraza desde 1825 á 1848, año del descubrimiento de las minas de California, se elevó á 286.852,204 francos; en el quinto, desde 1848 á 1851, en que se hallaron las minas de Australia, fué de 601.015,764 francos; y, por último, en el sexto, ó sea desde 1851 á 1855, llegó á la suma fabulosa de 1,592.631,651 francos.

Uno de los objetos que excitaban mas la curiosidad en la Exposicion Universal celebrada en 1867 en Paris, era una colosal pirámide cuadrangular, de unos dos metros por cada cara en la base, y una altura proporcionada, y que representaba la cantidad de oro extraida de la Australia, desde que empezó á explotarse este metal, cuyo color y aspecto nativo se habia imitado tan perfectamente, que la ilusion era completa. Recuerdo tambien que junto á la pirámide habian expuesto los ingleses una coleccion muy curiosa, en que á primera vista podia apreciarse la densidad ó peso específico de la mayor parte de los metales; pues reducidos estos á cilindros de la misma base, su altura indicaba perfectamente la densidad relativa.

El platino es un metal de color gris de plomo ó acero, algo blanquecino, brillante, dúctil, maleable, que no se deja atacar por los ácidos, y es infusible al soplete, á no servirse de corrientes de oxígeno é hidrógeno. Estas cualidades son de gran precio en una de sus mas importantes aplicaciones, reducida á la fabricacion de calderas, alambiques, retortas, cápsulas y demás útiles de laboratorio y para fábricas de ciertos productos químicos. Sin embargo, su excesiva densidad, pues pesa 21 veces mas que el agua, lo hace incómodo para destinarlo á la fabricacion de objetos de lujo y para la acuñacion de moneda, á pesar de haberse realizado en Rusia.

Compañero inseparable del oro, del osmio, del iridio, del rodio y de varias piedras finas, el platino se encuentra en los aluviones antiguos, no citándose mas que un ejemplar, indicado por el Sr. Boussingault, de platino en su criadero primitivo que, segun dicho naturalista, es la sienita de la Columbia. Mr. Le-Play dice haberlo visto tambien en la serpentina de los montes Urales. Vauquelin lo cita en Guadalcanal, pero su existencia no se ha confirmado. Aunque en corta cantidad, se ha hallado tambien en el oeste de Asturias.

Este metal se descubrió por primera voz en las provincias de Chocó y Barbacoa, en Columbia. Despues se encontró en Matto-Grosso, en el Brasil, y en la isla de Santo Domingo. En 1836 se reconoció la existencia de grandes criaderos al oriente del Ural, y aun en la parte europea de esta cordillera, los cuales constituyen el centro mas productivo que se conoce hoy dia. De allí proceden las famosas pepitas de cuatro, ocho y mas kilógramos, que pertenecen al príncipe Demidoff, y que figuran en muchas colecciones públicas de Mineralogía.

ANTIMONIO.—Este metal se encuentra en la naturaleza en estado nativo, en forma de óxido y de sulfuro, siendo este último el que suministra la mayor parte del que se conoce en el comercio.

El antimonio sulfurado es una sustancia de color gris de plomo, algo parecida al acero, casi siempre con una tinta azulada que le es característica; se deja rayar por la caliza y funde al simple calor de la vela; cristaliza muy á menudo en formas dependientes del prisma romboidal recto, y se presenta generalmente en prismas muy alargados y agrupados entre sí, ofreciendo el aspecto bacilar, á veces fibroso, y otras granoso y compacto.

Esta especie se encuentra casi siempre en filones, y es comun en los terrenos antiguos. En la mesa central de Francia, y particularmente en los alrededores de Malbose (departa-

mento del Ardeche) se encuentra en estas circunstancias. En las minas de Pereta y de Montauto, en Toscana, está relacionado con el cuarzo, y habiendo atravesado sus filones el machiño del terreno nummulítico, puede considerarse como uno de los criaderos mas modernos. En Djebel Taia (Argel) se encuentra en la caliza jurásica y en el terciario inferior. En Taia, segun Coquand, el antimonio sulfurado se halla asociado al cinabrio.

En compañía de su propio óxido se encuentra en varios puntos de Galicia, sobre todo en el concejo de Cervantes y en Bolaño, en el gneis; en el concejo de Tineo (Asturias) es tan abundante esta especie, que algunas cercas están formadas con la estibina; en Sierra de Carbajo, cerca de Valencia de Alcántara, asociado de la pirita comun y el cuarzo; en Santa Cruz de Mudela, en la Mancha, se encuentra con ocre de antimonio, ocre de hierro y cuarzo; y además en otros puntos de la Península.

El arsénico existe en la naturaleza en estado nativo, en el de sulfuro y óxido, asociado al cobalto y al hierro; procediendo la mayor parte del que se consume en el comercio del tratamiento ó explotacion del cobre gris, del estaño oxidado, del plomo sulfurado y de otros; raras veces forma criaderos propios.

El nativo se distingue perfectamente por su brillo metálico, por el polvo gris de la raya ó raspadura, por el olor particular á ajos que despide cuando se le golpea con el martillo, y en especial cuando se le ataca con el soplete, que lo hace arder con una llama azul despidiendo vapores blancos.

Generalmente se presenta en masas de estructura laminar, y tambien en capas concéntricas, á la manera de las hojas de una concha, por lo cual recibe el nombre de *testáceo*.

La combinacion de este metal con el azufre da por resultado, segun sus proporciones, dos sustancias: la una rojiza, de color de cochinilla, y á veces rojo anaranjado, y es el rejalgar; la otra afecta una tinta amarilla de limon, bastante intensa y de aspecto brillante, en masas cristalinas algo hojosas, con estrías longitudinales, y es el oropimente. Las piritas arsenicales, tan abundantes en Sierra-Guadarrama, Sierra-Nevada y otros puntos, contienen estas especies en proporcion variable; igualmente se hallan en los concejos de Lena y Mieres (Asturias) asociadas al cinabrio.

El cobalto se encuentra en estado de óxido, de sulfuro, de arseniuro, y asociado con una porcion de metales, como el bismuto, la plata, la pirita arsenical, el arsénico y otros.

Los compuestos que suministran la mayor parte de los óxidos de cobalto, que son los que se emplean en la fabricacion de los esmaltes azules, son el sulfo-arseniuro, mineral brillante de un gris rojizo, y el cobalto arsenical llamado tambien *esmaltina*, sustancia de un color blanco de estaño ó gris de acero cuando la fractura es reciente, pero que se ennegrece al contacto del aire. Funde con facilidad á la llama de una vela, despidiendo un olor á ajos debido á la parte de arsénico que contiene; cuando funde con el borax le comunica un color azul hermoso; es soluble en el ácido nítrico, tomando el líquido un color rojo característico.

Raras veces forma este metal criaderos propios; lo comun es hallarse asociado con los indicados metales, y con el espato calizo y fluor que suelen formar su ganga. En el pueblo de Plau, en el valle de Gistan, en Aragon, se encuentra en estas condiciones en terrenos de caliza antiguos; ofreciendo este metal una porcion de variedades, entre otras, el gris y el negro: en el pueblo de Chovar, en la provincia de Castellon, se explota en la actualidad en la arenisca del trias llamado ródeno; en la parte oriental de Asturias, las minas de Argayadas y Bocalacanal, producen de 400 á 500 quintales al año, que se exportan á Inglaterra.

AZUFRE.—El ilustre Coquand en la luminosa Memoria sobre los azufrales, las minas de alumbre y lagonis de la Toscana, publicada en 1848 en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, hablando de los azufrales de Pereta, de Pozzuelo, y otros no menos importantes de la Italia meridional, dice terminantemente que el hallazgo del yeso y de la karstenita en las galerías de explotacion es un signo precursor y casi infalible de la existencia del azufre. Esta asociacion se explica perfectamente, segun este geólogo, por el procedimiento que la naturaleza ha empleado en la formacion de estas tres sustancias. Con efecto, pues si el hidrógeno sulfurado es el único agente de la formacion del yeso y del azufre, debemos admitir que los depósitos de esta última sustancia son el resultado de la descomposicion de dicho gas sin la intervencion del oxígeno, en la que el hidrógeno fué puesto en libertad fijándose el azufre, mientras que cuando las sustancias fueron favorables á la oxigenacion de este, hubo produccion de ácido sulfúrico y formacion de sulfato de cal hidratado ó anhidro, por efecto de la reaccion sobre rocas calizas. De consiguiente, la asociacion de los sulfatos con el yeso, se explica suponiendo que en los puntos ó conductos atravesados por una corriente enérgica de gas sulfhídrico, una parte del azufre se precipitó por la accion de la sustancia que separó el hidrógeno, mientras el resto pasó al estado de ácido sulfurico.

Aunque España no puede competir con Sicilia y otros centros productores de azufre, sin embargo, posee algunos criaderos muy importantes que si bien se indicaron como localidades de esta roca, conviene recordar aquí por algunas circunstancias especiales del yacimiento. La primera es la de Conil, en la provincia de Cádiz; cuyas condiciones geológicas han sido perfectamente indicadas por mi amigo el Sr. Mac-Pherson en su excelente Memoria sobre aquella provincia; distínguese esta localidad por la magnificencia de los cristales de azufre, como puede verse en el Museo de Madrid, y tambien en el de Viena. El segundo criadero es el de Libros en Teruel, notable por la particularidad única, que yo sepa, en Europa de hallarse convertidos en azufre los muchos restos orgánicos que allí existen, todos lacustres, y entre los cuales figura un pequeño Planorbis, especie nueva, á la que por indicacion de mi apreciable amigo el señor Deshayes, puse el nombre de *sulfureus* (1). Por último, la localidad de Hellin, en la que si bien el azufre se presenta por regla general amorfo, es digna de estudio; no solo por la regularidad con que se suceden las 20 ó 22 capas de dicha sustancia, alternando con calizas y margas lacustres, sensiblemente horizontales, sino muy especialmente por la abundancia de la Dusodila y del sulfato de magnesia en bancos tambien regulares, alternando con el azufre.

Con esto concluye la sucinta reseña de las sustancias metálicas mas principales, cuyas aplicaciones ofrecen alguna importancia, particularmente á la industria. La descripcion de las restantes es del dominio de un tratado especial de Mineralogía.

En la historia que acabamos de trazar, se ve claramente demostrado el objeto de la ciencia geológica, que mas bien que describir en detalle las propiedades físicas, químicas y organolépticas de las diferentes especies mineralógicas que son de su dominio, trata de demostrar la posicion ó yacimiento, y las relaciones que los unen á los materiales y terrenos en que se encuentran, sirviendo de base al conocimiento de las causas ó agentes que los han producido. De manera que, por lo visto, los estudios geológicos deben considerarse como el complemento de la ciencia mineralógica.

(1) Para mayores detalles consúltese mi «Memoria de Teruel» publicada en 1863.

CAPITULO III

GEOLOGIA HIDROGRÁFICA

Conocida por lo expuesto hasta aquí, la relacion íntima que existe entre los criaderos metalíferos, y las aguas minero-termales, parece natural dar ahora alguna nocion de todo aquello que, relativo á las aguas, pueda ser objeto de alguna utilidad para el hombre.—Segun se indicó en la primera parte de la obra, la Hidrografía así exterior, como subterránea, están sujetas á condiciones y régimen dependientes de la estructura geológica de las diferentes comarcas, siendo ambas hijas de una misma causa, que ya explicamos oportunamente en la teoría de la lluvia. Lo que nos proponemos aquí, es relacionar este agente con las circunstancias especiales de los terrenos por donde circula, con el fin de establecer reglas, que puedan servir de base para el arte de iluminar aguas.

Cuando se fija la atencion en el caudal líquido que llevan las grandes arterias terrestres, tales como el rio de la Plata, Amazonas, el Nilo, ó el Ganges, dificilmente se comprende que pueda la lluvia y la nieve suministrar tanta cantidad de líquido. Mas si se tiene en cuenta los resultados obtenidos por el eminente Halley y otros célebres físicos, que se han dedicado á este género de estudios, entonces se ve claramente la armonía que no puede menos de existir entre todos estos fenómenos naturales. Con efecto, la cantidad media anual del agua que recibe la superficie del globo, puede estimarse en 28 pulgadas, ó sean $0^m,756$. Respecto de la evaporacion, bastará saber que segun el Dr. Halley se desprenden diariamente de la superficie del Océano, veinte millones de piés cúbicos; calculando el mismo que si se estima la evaporacion anual media en 35 pulgadas, la cantidad de agua existente en un año en la atmósfera, ocuparia 94,450 millas cúbicas, cifra enorme y que da razon satisfactoria de toda la Hidrografía así exterior como subterránea, sin tener que apelar, como en otros tiempos se ha hecho, á la comunicacion del agua del mar en los continentes, pues caso de verificarse esto, es en una pequeña zona, ni tampoco á la formacion del agua en el interior del globo.

Han calculado algunos físicos que el mar pierde anualmente por término medio, un metro de espesor por la evaporacion, lo cual, teniendo en cuenta la desproporcion entre continentes y mares, significa, que si toda esta cantidad de agua se desprendiera á la vez, formaria una capa en las tierras de 0,75 centímetros; lo cual daria 700,000 metros cúbicos por kilómetro cuadrado. Si de esta cantidad de agua, que anualmente reciben los continentes, se resta la que estos pierden por evaporacion, quedan 0,45 centímetros como representando el elemento constante de la Hidrografía exterior y subterránea.

Sin necesidad de repetir lo que ya expusimos en la Geografía estática, y concretándonos á lo que mas directamente nos interesa por el momento, debemos decir que las condiciones para la formacion de los manantiales, son: 1.ª Un sistema absorbente que reuna las filtraciones ó veneros procedentes de lluvia: 2.ª Un depósito de recepcion que conserve ó almacene las filtraciones ó veneros reunidos. Y 3.ª Un canal de emision que dé salida con regularidad y lentitud, á las aguas contenidas en el receptáculo subterráneo. Tambien pueden reducirse á tres las circunstancias que debe reunir una corriente para llamarse manantial, á saber: 1.ª Que la cantidad de agua sea sensible. 2.ª Que el líquido circule interiormente. Y 3.ª Que ofrezca cierta duracion, en cuyo concepto no deben considerarse como tales los que aparecen en tiempo de lluvias.

Los manantiales no todos ofrecen los mismos accidentes y de aquí los diversas denominaciones que se les da. Se llaman permanentes los que manan ó fluyen de un modo continuo é igual; variables, los que no siempre suministran la misma cantidad de agua; temporales, los que cesan en alguna estacion ó período del año; é interminentes, regulares ó irregulares, los que guardan cierta periodicidad en su aparicion ó en la cantidad de agua que arrojan. Este último accidente, el mas curioso de todos los que ofrecen los manantiales, y para cuya explicacion se han inventado tantas hipótesis y teorías, es resultado del principio de Hidrostática, de que todas las partes de un líquido, ora ocupen un solo ó muchos receptáculos, pero que comuniquen por uno ó por varios puntos, guardan siempre el equilibrio. En este axioma está fundada tambien la teoría del sifon, de la que los manantiales intermitentes no son mas que una manifestacion natural.

Cuando las aguas en su curso subterráneo se impregnan ó disuelven alguna sustancia, ó determinan ciertas combinaciones de las que resulta algun principio mineral que arrastran hasta su aparicion al exterior, los manantiales reciben el nombre de minerales, pudiendo ser las aguas salinas, ácidas ó aciduladas, sulfurosas.

Por último, cuando las aguas llegan á cierta profundidad, adquieren por efecto del calor central, una temperatura que se mantiene superior á la del medio ambiente, en cuyo caso reciben el nombre de termales; caldas se llaman en algunos puntos á las aguas calientes; y burgas á dos fuentes termales en Orense.

La accion que el aire ejerce sobre determinadas sustancias ó su descomposicion parcial por la intervencion de dichos principios, puede igualmente determinar la elevada temperatura que caracteriza estas fuentes. La presencia del ázoe en ellas es uno de los argumentos mas fuertes en apoyo de la explicacion que se acaba de dar. Este elemento procede del aire que contienen y arrastran las aguas en su marcha subterránea, pues aunque se encuentra tambien en las rocas combustibles y fosilíferas, para que procediera de estas era menester que las fuentes termales solo existiesen en terrenos de esta naturaleza, lo cual está muy léjos de suceder, siendo precisamente los que menos manantiales contienen de esta clase.

Lo que se observa con frecuencia en los volcanes en general, y muy especialmente en los azufrales, confirma y contribuye á esclarecer esta idea, como dijimos ya al tratar de la formacion de los filones. Con efecto, en estos puntos se

ve que si las emanaciones gaseosas, entre las cuales figura en primera línea la del vapor del agua, encuentran á su paso algun condensador, se convierten en verdaderas fuentes termales; y como entre dichas emanaciones las hay ácidas ó salinas, resulta que las aguas adquieren el doble carácter mineral y termal. En confirmacion de lo que se acaba de decir, puedo citar la fuente que existe en la falda del azufral de Vulcano (isla de Lipari), cuya temperatura, apreciada por mí con el termómetro, marcaba 92° centígrados.

Las fuentes termales presentan, además, dos caractéres fijos, cualquiera que sea el punto en que se las encuentra, y son: 1.° El presentarse á través de capas dislocadas y fracturadas, y con frecuencia siguiendo el hueco que han dejado las fallas ó saltos de terreno. Y 2.° El ofrecer una constancia en su temperatura y en la cantidad de líquido que arrojan, que solo puede explicarse satisfactoriamente, admitiendo la teoría indicada. La constancia de temperatura, y en la cantidad de agua, supone con efecto la accion elástica de los gases subterráneos, y la de su calor siempre uniforme, que solo pueden recibir las aguas del central de la tierra.

La presion que las aguas ejercen en su curso subterráneo contra las paredes de los conductos, puede indudablemente contribuir á este resultado, como indicamos ya al estudiar las causas actuales.

Por último, los géiseres y la teoría que admitimos para su explicacion, confirman cuanto acabamos de exponer. De aquí el poderoso auxilio que la Geología puede prestar para los dos problemas que referentes al elemento líquido puede proponerse resolver el hombre, y son: 1.° Encontrar los manantiales ya existentes, y 2.° Iluminar aguas, ó en otros términos, buscarlas en las profundidades de la tierra y hacerlas aparecer al exterior; lo primero, ofrece pocas dificultades, pues siendo el agua un elemento tan indispensable á la vida, es menos que probable que queden ignoradas y sin aprovechar las que natural y espontáneamente salen al exterior; en cuanto al arte de buscar aguas ocultas, puede reducirse á proporcionarse aguas de salto, por otro nombre llamadas artesianas, ó las que no lo dan, constituyendo manantiales comunes, debidos á la actividad humana; consistiendo la única diferencia entre unas y otras, que en estas, cuando se aprovecha el desnivel del terreno, para convertirlas en fuerza motriz, las aguas proceden de corrientes superficiales ó poco profundas, mientras que para proporcionarse las artesianas, se hace preciso llegar con la sonda hasta aquel punto del interior de la tierra en que se encuentra la capa impermeable, que procedente de terrenos mas altos, buzan hácia la comarca donde se ha perforado el terreno, siendo el salto que dan las aguas proporcionado á la altura de donde originariamente proceden.

Todas las reglas y preceptos que en esta materia pueden darse, hállanse estrechamente relacionados con la estructura geológica del suelo; de consiguiente, convendrá que en breves palabras recordemos los principios fundamentales de Estratigrafía que pueden servirnos de norma. En este concepto, uno de los mas fecundos principios, es el que establece que cuando en las dos laderas de un valle se presentan las mismas capas, y en direccion é inclinacion contraria, podemos estar seguros de que pasan por el fondo del valle, siquiera con frecuencia permanezcan ocultas por los materiales que con posterioridad lo hayan rellenado.

Otro de los principios que conviene recordar es que si en un valle, una de sus laderas ofrece una pendiente suave y la otra escarpada, las capas de la primera se dirigen hácia el thalweg ó fondo del valle, por donde corren las aguas exteriores, mientras que las de la segunda, buscan un sentido opuesto.

Toda llanura ofrece tres pendientes; una longitudinal y dos laterales; aquella marca la direccion del valle y la de las aguas, cuando las hay; las otras siguen la de los afluentes. En general, la pendiente es tanto mas rápida, cuanto mas nos acercamos al orígen del valle.

Siguiendo la teoría adoptada para la explicacion de las corrientes subterráneas, superficiales ó profundas, con salida al exterior ó sin ella, es claro que para que dichas corrientes se verifiquen, se necesita cierta inclinacion en los estratos terrestres, y sobre todo, que las rocas se presenten en bancos, alternando los permeables con los impermeables. Lo primero que debemos hacer, en consecuencia, es ver si en realidad existen dichos bancos, ó si las rocas se presentan en masa; y en el primer caso, si son ó no permeables.

Las rocas que en general se presentan en masa son los granitos, los pórfidos, muchos basaltos, y la mayor parte de las de orígen plutónico. Cuando estos materiales se hallan en estado de integridad, no hay que esperar fuentes en los terrenos que ocupan, puesto que son impermeables, por efecto de su estructura cristalina y maciza. Pero en el caso de hallarse cubiertos por una capa, por delgada que sea, de los detritus de su descomposicion, ó de cualquiera otra sustancia, los manantiales son numerosos, si bien nunca de gran caudal.

Entre los elementos geognósticos que se presentan en capas ó estratos, los hay que son permeables, y otros que no lo son; su distincion y conocimiento es de la mayor importancia.

Los terrenos permeables son de tres especies, á saber: primera, los compuestos de rocas en masa, pero fraccionadas; esto es, separadas en porciones de todas formas y tamaños, por efecto de las hendiduras, fracturas, saltos y soplados que con tanta frecuencia se encuentran en ellas; segunda, los estratificados en capas horizontales separados en masas por efecto de fracturas perpendiculares ó muy oblicuas, y tercera, las rocas disgregadas y los terrenos detríticos, diluviales ó de aluviones.

Las serpentinas, los basaltos, alguna vez la creta, los yesos, y algunos gneis y pizarras micáceas, pertenecen á los permeables del primer grupo; las areniscas, la creta compacta en general, y otras, corresponden al segundo. Al tercero pertenecen todas las rocas sueltas ó disgregadas, como las arenas, la grava, la tierra vegetal, etc.

Entre las impermeables deben contarse todas las rocas en masa, y aun las estratificadas, que ocupan gran extension de terreno sin estrías ni hendiduras, y de una estructura muy unida y compacta, como le sucede al granito, á la protogina, á los pórfidos, sienitas, gneis, cuarcitas y á la arcilla, que puede considerarse como la impermeable por excelencia.

Si despues de estas generalidades, cuyo conocimiento es de la mayor importancia, queremos descender al terreno de la práctica, veremos la enseñanza tan cumplida y útil que podemos sacar de la larga y asidua experiencia del célebre abate Paramelle, resumida en su famosa obra titulada *Arte de encontrar manantiales.*

En todo valle, cañada, garganta, desfiladero, puerto ó replegamiento de terreno, dice este respetable escritor, existe una corriente de agua aparente ú oculta que sigue constantemente su propio thalweg. Este ocupa el centro del valle cuando es igual la pendiente ó inclinacion de sus dos laderas; cuando, por el contrario la pendiente de la una es mucho mayor, el thalweg se encuentra mucho mas cerca de esta que de aquella. Por último, cuando una de las laderas se presenta en escarpe, el thalweg, y de consiguiente las aguas correrán por junto á su propia base.

Las corrientes subterráneas siguen siempre la línea de la interseccion de los estratos, ó como se diria en términos geológicos, la línea sinclinal interior. Cuando en un valle de laderas contiguas, el terreno que ocupa el fondo se compone de materiales bastante sólidos y consistentes, de modo que permita en las grandes lluvias la formacion de una corriente exterior, aunque esta sea transitoria ó temporal, la subterránea, que es permanente, sigue la misma direccion. Lo propio es aplicable, cuando esto sucede, ó se observa en una llanura, siempre que las pendientes laterales ofrezcan su inclinacion hácia el thalweg que sigue la corriente exterior.

El exámen del punto por donde aparece un manantial despues de fuertes aguaceros, puede ilustrarnos mucho en la designacion de la línea que marca la corriente de donde procede, pues por allí se escapa el exceso de la que no puede recibir el conducto subterráneo.

La Geología práctica puede dar reglas para reconocer la presencia de corrientes, como acabamos de ver, y al mismo tiempo indicaciones acerca de la profundidad á que se encuentran y la cantidad aproximada del líquido. Así es, que en general las corrientes son mas superficiales ó inmediatas á la superficie exterior en los puntos siguientes: 1.° En el centro del primer repliegue ó hundimiento del suelo donde toma orígen la corriente por la afluencia de los primeros veneros. 2.° En la parte central del circo por donde suelen empezar las corrientes. 3.° En la extremidad de la pendiente del thalweg. Y 4.° En el punto mas inmediato á la desembocadura ó confluencia de la corriente subterránea, en alguna corriente exterior, sobre todo si la pendiente es suave ó de escasa inclinacion.

Cuando el fondo de un valle ó cañada se presenta á nuestra vista inculto, ó cubierto de sauces, chopos ó álamos blancos, de alisos, mimbres, juncos, y otras plantas amantes de la humedad, debemos suponer que en general existe allí una corriente subterránea y poco profunda.

Lo expuesto hasta aquí tiene á indicar el punto de eleccion cuando se va en busca de aguas, cosa no menos importante que la de cerciorarse de la existencia de la corriente.

En cuanto á la cantidad de agua que llevan las corrientes subterráneas no es siempre igual, pues comunmente abundan mas al pié de las faldas de los montes y en las laderas de los valles, por ser los puntos en donde se reunen los avenamientos interiores.

En las llanuras de pendiente suave, y muy particularmente en las compuestas hasta cierta profundidad de chinas ó guijos, de grava, de arena, en una palabra, de materiales detríticos mas ó menos sueltos, descansando sobre una sola capa impermeable, todas las corrientes que por ella circulan son iguales ó llevan próximamente la misma cantidad de agua. Mas si la llanura está formada de estos mismos materiales, alternando repetidas veces con capas impermeables, las corrientes serán tanto mas copiosas, cuanto mas profundas, circunstancia que podrá apreciarse fácilmente por medio de una sonda, que conviene tener á mano para este género de exploraciones.

Los manantiales no son exclusivos del thalweg de los valles, de los desfiladeros y de las llanuras; tambien las colinas y montañas gozan de este beneficio, y en unas y otras los preceptos que se pueden dar como guía para encontrarlos son distintos. Recordemos para ello que las montañas terminan por un vértice ó cima aguda, ó son redondeadas en forma de cúpula, ó forman una cresta ó línea aguda ú obtusa de mayor ó menor extension, encargada de separar las aguas de ambas vertientes; tambien terminan muchas por una meseta ó *muela*, como llaman en Aragon.

Bajo este supuesto, cuando las montañas presentan el vértice agudo ó en forma de cúpula, no es posible la existencia de manantiales en la cúspide misma; cuando mas, si esta ofrece alguna cavidad ó hundimiento de fondo impermeable, podrá encontrarse algun depósito de agua llovediza.

Donde suelen existir manantiales es en los puertos ó gargantas y en otros puntos inmediatos, dominados por la cima y por un espacio de terreno permeable y de cierta inclinacion en sus capas. La naturaleza y espesor de estas determinarán naturalmente la abundancia del manantial y hasta su existencia, pues se comprende que si las rocas que las forman son impermeables, no puede este existir.

Cuando la montaña termina en meseta algo espaciosa, con inclinacion marcada hácia una de sus laderas, si son permeables los estratos que la constituyen, y particularmente si descansan sobre alguna capa impermeable, es casi segura la existencia de algun manantial hácia el punto que marca la pendiente. La meseta ha de ser de bastante extension para la existencia del manantial, pues de lo contrario no bastaria la filtracion de las aguas que caen sobre ella, para alimentar ninguna corriente.

Aquí viene á propósito indicar, aunque sea de paso, el ingenioso medio de que se valen los habitantes de Mecina-Bombaron, cerca de Granada, para surtirse de aguas en los meses mas secos del año; con tanto mas motivo, cuanto que es una utilísima aplicacion de la Geología á la Agricultura y á la Industria, que como dice muy bien el célebre Rojas Clemente, en varios otros puntos no solo de Andalucía, sino del resto de la Península, podria practicarse con igual objeto y éxito.

En el pueblo indicado llaman Simas á unas depresiones que se encuentran en el rellano de los montes compuestas en su mayor parte de pizarras y del detritus de su propia descomposicion, á las cuales conducen durante la primavera, desde los ventisqueros de Sierra Nevada por medio de acequias, toda el agua que aquellas pueden recibir, la cual filtra á través de la roca, y aparece en las laderas de la colina, constituyendo varios manantiales que precisamente corren durante los meses que mas la necesitan, por haberse agotado ya la que procede directamente de los ventisqueros. Esta feliz aplicacion de los conocimientos geológicos, debida indudablemente á los vastos conocimientos de la raza árabe, y cuya importancia es excusado encarecer, seria de desear encontrara imitadores en aquellos puntos de la Península, cuyas condiciones topográficas y geognósticas lo permitieran.

Las montañas cónicas y aisladas, cuyo diámetro en la base no excede de 400 á 500 metros, cualquiera que sea su composicion y altura, no dan en general manantiales abundantes, por la escasa cantidad de agua que reciben de los hidrometeoros.

Las fuentes abundantes y copiosas solo pueden encontrarse en la vertiente de las colinas ó montañas que forman cordillera, ó en las dispuestas en series longitudinales, y cuya extension trasversal sea notable. El caudal de los manantiales está en razon inversa de su numero.

Los manantiales son muy numerosos, superficiales, de curso corto y no interrumpido, pero de caudal escaso, en los terrenos cristalinos, y en los primarios compuestos de pizarras y de otras rocas de estructura hojosa.

En los terrenos secundarios, si están compuestos de capas ó lechos permeables, alternando con alguno impermeable, lo cual se puede apreciar por medio de la sonda, ó en el corte que ofrezca el terreno en algun barranco ó escarpe, los manantiales son casi seguros, si bien escasos en número y muy caudalosos. El considerable espesor de sus estratos, y el espacio que dejan entre si por la erosion y desaparicion de alguna de sus capas, determina la existencia de grandes cor-

rientes y depósitos que se hallan en el punto de separacion de dos formaciones distintas.

En los terrenos terciarios, como se repiten los mismos accidentes, sucederá lo propio; si bien el mayor número de los estratos y su gran variedad hace que el de los manantiales sea mayor, aunque menos caudalosos, por razon de no alcanzar tanto espesor sus estratos.

La naturaleza esencialmente permeable de los materiales del terreno cuaternario ó diluvial, y la falta, por lo comun, de estratificacion regular, hace que solo ofrezca manantiales cuando aquellos se presentan en capas descansando sobre un suelo impermeable, ó en el caso de ofrecer algun banco ó lecho de arcilla entre sus elementos constitutivos.

Si el terreno es de arenas ó grava, hasta cierta profundidad en los pozos comunes, es inútil buscar aguas, pues no las hay. En los terrenos volcánicos, por razon de la falta, en general, de verdadera estratificacion, y efecto tambien de la especie de desórden que reina en sus materiales, no se encuentran, sino por casualidad, pequeños y superficiales veneros.

En cuanto á la calidad de las aguas, se observa que las que atraviesan ó proceden de terrenos de areniscas, de cuarzos ó chinas, gravas, etc., son excelentes. Son potables cuando abundan en ellos las arcillas: por el contrario, si los terrenos son esencialmente calizos, ó dominan los mármoles, las piedras muy conchíferas, la creta, las margas, etc., las aguas se cargan de principios salinos y terrosos, y se hacen crudas, frias al estómago, é indigestas; cuecen mal las legumbres y las carnes y limpian mal la ropa.

Las aguas de los manantiales contienen, en general, mucho aire y son excelentes, pues esta condicion es una de las que mas directamente determinan su bondad.

Para mayor ilustracion acerca de materia tan importante, véase el adjunto cuadro, copiado de la obra de Dumas.

Cuadro de clasificacion de las aguas dulces

1. Las de manantiales que filtran á través de rocas graníticas de cuarzo, ó de los restos pulverizados de estas rocas, que pueden llamarse aguas graníticas ó cuarzosas, ocupan el primer lugar por sus excelentes cualidades.
2. La de barranco ó arroyo, clarificada por el reposo.
3. La de lluvia.
4. La de manantial comun.
5. La de grandes rios.
6. La de lagos.
7. La de nieves ó hielos.
8. La de cisternas situadas en buenas condiciones.
9. La de pozos.
10. La de rios de escaso caudal.
11. La de cisternas establecidas en malas condiciones.
12. La de estanques.

Y 13. La de pantanos.

Cuando las aguas filtran á través de pequeñas y numerosas hendiduras ó rendijas, constituyen veneros de escasa importancia; si, por el contrario, atraviesan gruesas capas de arenas, de tierra ó de piedras permeables, separadas por anchos espacios ó bancos de otras impermeables, forman grandes corrientes y depósitos subterráneos.

En cuanto á la cantidad de agua que puede suministrar un manantial, aunque es muy difícil de apreciar por el conjunto de circunstancias que en él concurren, sin embargo, segun Paramelle, en las mesetas cubiertas de una capa de terreno detrítico de dos á ocho metros de espesor, descansando sobre otra impermeable con la conveniente inclinacion, por cada superficie de cinco hectáreas, puede calcularse un chorro de un centímetro de diámetro, que equivale á cuatro litros de agua por minuto.

Vistas y apreciadas las causas que determinan la aparicion de los manantiales, esto es, la filtracion y la existencia de capas ó estratos permeables, alternando con otros que no lo son, vamos á dar reglas y preceptos respecto de los terrenos en que pueden hallarse. En primer lugar, si en un mismo terreno las condiciones de permeabilidad é impermeabilidad se repiten varias veces, otras tantas se encontrarán manantiales.

Por lo que toca á los terrenos mas á propósito para encontrarlos, son los compuestos de caliza oolítica, de consiguiente, el jurásico; de caliza compacta sacaroidea, silícea; conchífera, margosa y basta; en las calizas y margas de grifeas (lias); en las amonitíferas y de belemnites suelen ser muy comunes y abundantes; el terreno de toba caliza, que por otro nombre llamamos tambien travertino, no solo es muy abundante en manantiales, sino que la singular propiedad de ser incrustantes sus aguas, puede indicarnos tambien la existencia de fuentes ocultas; el horizonte de la *Molasa;* el piso de las arenas y areniscas verdes, en el terreno cretáceo; las calizas lacustres; el terreno del silex molar y de las margas verdes, cuando se encuentran en condiciones convenientes, son muy á propósito para la existencia de manantiales: el de aluvion y las terreras ofrecen, en general, corrientes y depósitos numerosos y abundantes, si sus materiales alternan repetidas veces con capas impermeables y algo inclinadas.

Todo terreno arcilloso y de marga, cuando ocupa la superficie y se presenta en masas considerables, es contrario á la existencia de manantiales, mientras que es muy favorable cuando está cubierto por alguna capa permeable.

La gran porosidad de la creta, y la existencia en ella de tubos ó cavidades naturales, que absorben y hacen desaparecer con prontitud la mayor parte del agua que recibe su superficie, no solo determina la aridez y esterilidad del terreno, sino que le priva enteramente de la existencia de manantiales, á no ser que se llegue con la sonda á grandes profundidades. De manera que los habitantes de mesas, páramos ó llanuras cretáceas, pueden estar seguros, aunque no sea halagüeña la noticia, de no encontrar, en general, manantiales sino con la condicion indicada.

De lo dicho se infiere que el ser favorables ó adversos los terrenos á la existencia de manantiales, depende unas veces de su composicion ó naturaleza, y otras de la disposicion que afectan sus elementos constitutivos. Así es que, por efecto de la estructura y de los accidentes particulares que ofrecen las calizas celulares y cavernosas, las Dolomias, los terrenos volcánicos, y en general los de elementos friables, son contrarios á la existencia de fuentes: en el mismo caso se encuentran, por razon de su propia estratigrafía, las colinas hundidas, los derrumbios y los sitios en que han resbalado los terrenos, las laderas ó cuestas de capas verticales, ó que ofrecen una inclinacion de 45°, y tambien aquellos puntos en que los estratos presentan sus extremidades ó cabezas al descubierto.

Los resultados prácticos que el hombre puede prometerse de los conocimientos geológicos en cuestion de tanta importancia, son verdaderamente incalculables, y conviene dejar su aplicacion al buen juicio y al grado de celo é interés que esta materia inspire á los que de ella se ocupan; en la inteligencia de que las reglas que acabamos de dar, no son absolutas; debiendo tener en cuenta antes de llevarlas al terreno de la práctica, todas las condiciones locales, así geológicas como meteorológicas del país ó region en que se

trate de utilizar estos datos. Antes de concluir será bueno, sin embargo, dar alguna idea acerca del modo de procurarse fuentes artificiales ó naturales.

Conocida la teoría de las corrientes subterráneas, el modo mas eficaz de proporcionarse una fuente consiste en imitar fielmente á la naturaleza misma. Para ello, y siguiendo el ingenioso procedimiento propuesto por el ilustre Babinet, se escoge un terreno permeable, suelto, mas ó menos arenoso ó detrítico, que ofrezca cierta inclinacion ó pendiente, y de una extension á voluntad, pero que no baje, por ejemplo, de dos hectáreas, pues si la superficie de filtracion es reducida, el manantial no podrá verificarse ó rendirá poca agua. Escogido así el terreno, se empieza por abrir en la parte mas alta de la pendiente ó ladera una zanja trasversal, de uno á dos metros de profundidad y de dos de anchura: despues se iguala el fondo y se cubre de una capa impermeable, que podrá ser de arcilla, de marga, de asfalto, ó de algun cemento ó argamasa; se repite esta operacion, rellenando con los escombros de cada zanja el hueco de la anterior, hasta que se llega á la parte mas baja del terreno; allí se construye una pared sólida de cal y canto, si es posible, dejando en el centro un conducto por donde se dé salida al agua. Hecho esto, se planta el terreno de árboles ó arbustos de poca elevacion, bastante espesos, de modo que se evite en cuanto sea posible la evaporacion; facilitando así que el agua penetre en el terreno hasta llegar á la capa impermeable, cuya direccion é inclinacion seguirá aquella hasta aparecer en la parte mas baja por el punto que se le destina.

A primera vista se creerá que este es un medio mas bien teórico que práctico, y podrá dudarse de sus resultados: semejante duda solo puede fundarse en la ninguna atencion que se presta á la cantidad de agua que anualmente cae sobre una superficie dada de terreno, cantidad que excede en mucho á la que los rios llevan al Océano, y tambien á la que por filtracion penetra á través de los estratos terrestres. Para convencerse de ello, y con el objeto de tener una base sobre que fundar la realizacion de las fuentes artificiales, el agricultor debe servirse de un *pluviómetro*, por medio del cual podrá saber la cantidad de agua que anualmente recibe de la atmósfera el punto que ocupa. Bueno será tambien saber que el manantial cuyo chorro ofrezca una pulgada de diámetro, suministra 20 metros cúbicos de agua al dia, ó lo que es lo mismo 7,300 al año.

El pluviómetro es una especie de vasija con un tubo de vidrio graduado que comunica con el interior, y que sirve para determinar la cantidad de agua que cae en un tiempo determinado y en una superficie dada; para averiguar el agua que recibe una comarca, bastará multiplicar la superficie de esta en piés cuadrados ó en la que tenga el pluviómetro, por las pulgadas ó líneas de líquido que en este se hayan recogido.

El Sr. Dumas, en su recientísima obra titulada la *Ciencia de las Fuentes*, dice: que en cualquier punto del globo en que los terrenos ofrezcan ondulaciones bien marcadas y salientes, ó uno ó muchos valles bastante extensos y dispuestos para recibir en gran cantidad las aguas procedentes de las laderas de las colinas ó montañas inmediatas, pueden construirse fuentes que él llama *naturales*, por cuanto el procedimiento de que el hombre se vale para ello, es igual al que emplea en otros puntos la naturaleza. Para conseguir este feliz y trascendental resultado, hé aquí las reglas que establece tan distinguido hidrógrafo.

Levántense en el fondo de los valles ó en las ondulaciones del suelo diques ó malecones trasversales de tierra ó sillería, con el objeto de recibir en parte las aguas, y facilitar la filtracion, dificultando su marcha en la superficie. Hecho esto, ábranse en la parte inferior de los diques acequias ó azarbes cubiertos, uno longitudinal siguiendo la pendiente, y otros trasversales en comunicacion con aquel; con esto las aguas cuya filtracion facilitan los malecones, penetran y circulan por los conductos subterráneos hasta la desembocadura del valle, en donde debe formarse un depósito que las reciba y las distribuya despues, segun las necesidades de la comarca, dirigiendo desde allí cañerías á los puntos mas bajos.

Esto en tésis general ó como principio teórico es excelente, pero es susceptible de muchas modificaciones, y no siempre corresponderán los resultados á los dispendios que las obras ocasionen. Para esto se necesita un exámen minucioso del terreno, pues de su composicion, de la extension de la cuenca, y de sus accidentes orográficos dependerá la posibilidad de su ejecucion, las probabilidades del éxito y la cantidad probable de agua que puede obtenerse; teniendo que ajustar igualmente á estas condiciones el número y disposicion de los diques, las dimensiones y la profundidad á que deban establecerse las acequias, etc., etc. Cuando la region ofrece poco desnivel, la acequia longitudinal seguirá uniforme su pendiente; pero si aquel fuese muy pronunciado, se establecerá en ella una serie de rompimientos ó saltos para que disminuya la impetuosidad de la corriente.

A beneficio de este sistema ingenioso adoptado ya en algunos puntos, y entre nosotros con especialidad en la villa de Morella, no solo, segun el Sr. Dumas, se pueden crear fuentes naturales en aquellos puntos privados de este gran elemento de vida, que muchas veces pierde el hombre por ignorancia ó incuria, sino que retardando el curso de las aguas, puede hasta cierto punto impedir las inundaciones, ó atenuar al menos sus efectos, evitando que las aguas se acumulen en un punto y momento dado, que es precisamente lo que las determina.

Pozos artesianos ó ascendentes

Para terminar este capítulo, solo falta decir algo sobre los pozos artesianos; asunto del mayor interés para un país eminentemente agrícola como el nuestro, y que con tanta frecuencia padece de sequía.

Los pozos artesianos, llamados así por ser clásica para este ramo de industria la antigua region de Francia llamada Artois, llevan tambien el nombre de fuentes ascendentes, y se abren con el fin de procurarse por medio de la sonda ó barreno, aguas de saltos. Estas fuentes se distinguen de las comunes por el modo de aparecer al exterior, y mas particularmente aun por el punto de su procedencia, pues así como en las fuentes ordinarias proceden de filtraciones y veneros locales, con frecuencia de escasa extension, las artesianas son hijas, por el contrario, de filtraciones profundas, y de corrientes de largo curso, que arrancan de depósitos subterráneos colocados á diferentes alturas.

En contraposicion de los artesianos, hay otros pozos llamados absorbentes ó inversos fundados en los mismos principios, pero cuyo objeto es tragar, á la manera de los sumideros, aquellos materiales líquidos que pueden ser nocivos al hombre cuando se acumulan en la superficie de la tierra, en las fábricas ó en otros puntos.

Aunque la explotacion de los pozos artesianos como la de las minas no ha recibido una direccion racional y científica hasta estos últimos tiempos, esto es, hasta que la Geología prestó su apoyo eficaz á todos estos ramos de industria, sin embargo, unos y otras datan de épocas muy remotas; lo que parece muy natural si se tiene en cuenta que con ellos ha tratado el hombre de satisfacer, en todas épocas, sus mas apremiantes necesidades. Así es que Olimpiodoro de Alejandría ya describió en el siglo VI de nuestra era, algunos pozos

ascendentes construidos en uno de los oasis del desierto para beneficio de la Agricultura. Tambien en Italia, y particularmente en Módena, los habia ya hácia el siglo VIII y IX; en Francia el pozo artesiano artificial mas antiguo de que se conserva noticia, es el de la cartuja de Sillers en el Artois, abierto en 1126. Tambien en tiempo inmemorial los ha habido en el desierto de Sahara. Este ramo importantísimo de la industria, empero, no se cultivó con interés, ó no excitó la atencion del hombre hasta que los geólogos franceses, y en especial los Sres. Arago, Elie de Beaumont, Mulot y otros obtuvieron en 1841 el éxito tan brillante en el pozo de Grenelle en Paris á la profundidad de 548^m; el salto que da el agua es de 31^m, abasteciendo á la quinta parte de esta gran ciudad, y á una porcion de establecimientos importantes.

Posteriormente se abrió en la plaza de la calle de Spontini en Passy otro pozo artesiano cuyas aguas sirven para todas las necesidades del inmenso bosque de Bolonia. En la actualidad se trabaja en la Chapelle (Paris) en un pozo de 1^m,40 de diámetro, habiendo alcanzado la enorme profundidad de 684^m.

¿En qué se funda la teoría de los pozos artesianos? ¿Puede la Geología prestar al hombre algun servicio en este ramo de industria? Indudablemente que sí; vamos á demostrarlo.

En cuanto á la teoría es muy sencilla y fácil de comprender despues de los detalles que preceden sobre las fuentes comunes y naturales, pues se reduce á la filtracion y circulacion á través de los estratos terrestres del agua que en forma de meteoros acuosos se precipita desde la atmósfera. La filtracion continúa hasta que las aguas encuentran una capa impermeable, en cuyo caso si su posicion es enteramente horizontal permanecen mas ó menos tranquilas formando especies de lagos ó grandes receptáculos subterráneos; y si por el contrario, las capas están inclinadas, aquellas siguen necesariamente la pendiente, impelidas por su propio peso. En el trayecto que recorren las aguas, puede suceder una de dos cosas; ó que las capas sean continuas, ó que ofrezcan alguna interrupcion; en el último caso aparecen las fuentes naturales: en el primero no encontrando salida al exterior, circulan interiormente hasta que el hombre les abre paso por medio de excavaciones ó de la sonda, obteniendo en el primer caso los manantiales artificiales comunes, y en el segundo los llamados artesianos. Estos se distinguen de aquellos, no solo por los instrumentos de que se sirve el hombre para obtenerlos, sino tambien por la profundidad á que se encuentran las aguas. En último resultado, el pozo artesiano puede decirse que es una rama de un tubo encorvado ó sifon; la otra que completa este aparato tan sencillo de Física, se halla representada por la direccion mas ó menos tortuosa que siguen las aguas desde su receptáculo superior, hasta el punto á donde llega la sonda. De manera que el agua se eleva en estos pozos en virtud de la ley de hidrodinámica, ó lo que es lo mismo, por la tendencia de todo líquido á equilibrarse ó á establecer su propio nivel, cuando sus moléculas comunican entre sí por conductos cerrados, como demuestra prácticamente la figura 160.

En la parte superior de la region que representa el corte, se supone existir, á diferentes alturas, lagos, rios ó algun otro depósito de agua, marcados por las letras F, G, H. La colocacion de estos receptáculos es tal, que el primero ocupa el espacio que media entre los terrenos ígneos ó cristalinos y los de sedimento antiguos; el segundo se encuentra en el punto de contacto entre estos y los secundarios, y el tercero entre estos y los terciarios ó de acarreo y aluvion modernos.

Ahora bien, partiendo de este supuesto, si el lago, rio ó depósito descansa sobre materiales permeables, ó si su fondo ofrece alguna cavidad ó grieta, las aguas penetrarán en el seno de la tierra determinando en unos puntos grandes receptáculos, como se ve en K, I, ó bien corrientes subterráneas unidas ó bifurcadas y lagos interiores, como se observa en M, N, O, P y R.

Los mismos resultados puede determinar de un modo directo la filtracion de las aguas, las cuales por lo comun, establecen su circulacion interior en los planos de contacto de unos terrenos con otros.

Pero esta figura no tiene por objeto exclusivo manifestar el régimen y la procedencia de las aguas subterráneas, sino que tambien se propone demostrar los dos axiomas siguientes que resumen, segun Dumas, toda la teoría de las fuentes ascendentes, á saber: 1.° Las diversas alturas que el agua alcanza en los pozos artesianos están en razon directa de la presion que aquella experimenta en el seno de la tierra. 2.° La presion que el agua sufre en el interior del globo, depende de la altura del manantial ó del venero que lo determina, y no del punto del yacimiento ó de existencia de las aguas subterráneas.

En virtud de estos principios, resulta que en el pozo A, que aboca en el depósito R R, alimentado por la filtracion ó receptáculo H, las aguas no saltarán, limitándose á llegar al horizonte H X.

En el pozo B que alcanza el depósito P P, darán un pequeño salto, por ser aquel punto mas bajo que el nivel H X.

El pozo C que desciende hasta el receptáculo O O, procedente de la filtracion del punto G, suministrará aguas ascendentes hasta el límite G. S. Otro tanto sucederá en el pozo D, puesto que alcanza en su fondo el depósito N N, procedente de la filtracion G.

Por el pozo E aunque llega hasta el depósito M M, procedente del receptáculo I K, alimentado por el venero F, no saldrán aguas ascendentes, pues estas, léjos de llegar al nivel F T, no pasarán de la linea Y Y, en razon á no contarse la presion de las aguas del depósito M M desde el principio de la filtracion F, sino del receptáculo I K, verdadera procedencia del depósito que el pozo alcanzó por medio de la sonda.

Este último caso demuestra la posibilidad de que un depósito ó corriente muy profunda, pueda ser alimentada por un receptáculo colocado á muy poca altura sobre las aguas interiores. En este caso, como que la columna de líquido se halla interrumpida en el receptáculo I K, la presion solo debe contarse desde este punto.

Las cosas se hallan por otro lado dispuestas de modo que el depósito I K despues de determinar la corriente ó depósito M M, se descarta del sobrante por el conducto K L, dando existencia al manantial L que aparece al exterior.

El salto que se obtiene en las fuentes artesianas depende, segun la teoría admitida, del punto de donde procede el agua, ora sea que circule por filtracion directa, ó que arranque de los grandes depósitos que existen en el interior de las montañas, resultado á su vez de filtraciones y avenamientos. Desde el punto de procedencia las aguas establecen una corriente cuya direccion é inclinacion la marca la de las capas terrestres, con tendencia constante á establecer el nivel; es decir, á subir hasta la misma altura del punto de partida; en una palabra, las aguas en sus corrientes subterráneas representan el tubo encorvado de un sifon. Ahora bien, si en su trayecto, ó en la extremidad, por mejor decir, de este sifon, encuentran una gran resistencia á su salida, resistencia tal que no les sea posible vencer, las aguas sufren una presion extraordinaria; de manera que en el momento en

que el hombre les procura una salida, por cualquier medio que sea, tienden á equilibrarse, produciendo un salto que estará en razon complexa de la altura de los depósitos de reserva, de la estrechez y tortuosidades del tubo, de las hendiduras ó grietas que les permiten escapar á su través, de la influencia del calor central, y de otras varias causas.

Además, se comprende que si por efecto de la inclinacion de las capas las aguas corren muy profundas, naturalmente han de experimentar la influencia del calor central de la tierra, calor que puede reducirlas á vapor en parte, y cuya elasticidad contrarestará la presion que experimenta el líquido, contribuyendo ó ayudándole á salir al exterior, cuando el hombre le abre comunicacion. Tan cierto es esto, que en la mayor parte de los pozos artesianos el acto de saltar ó aparecer las aguas va acompañado de alguna explosion. Tambien se deduce de lo expuesto, que el agua ha de llevar una temperatura proporcionada á la profundidad de que procede, siendo este uno de los medios de que la ciencia se

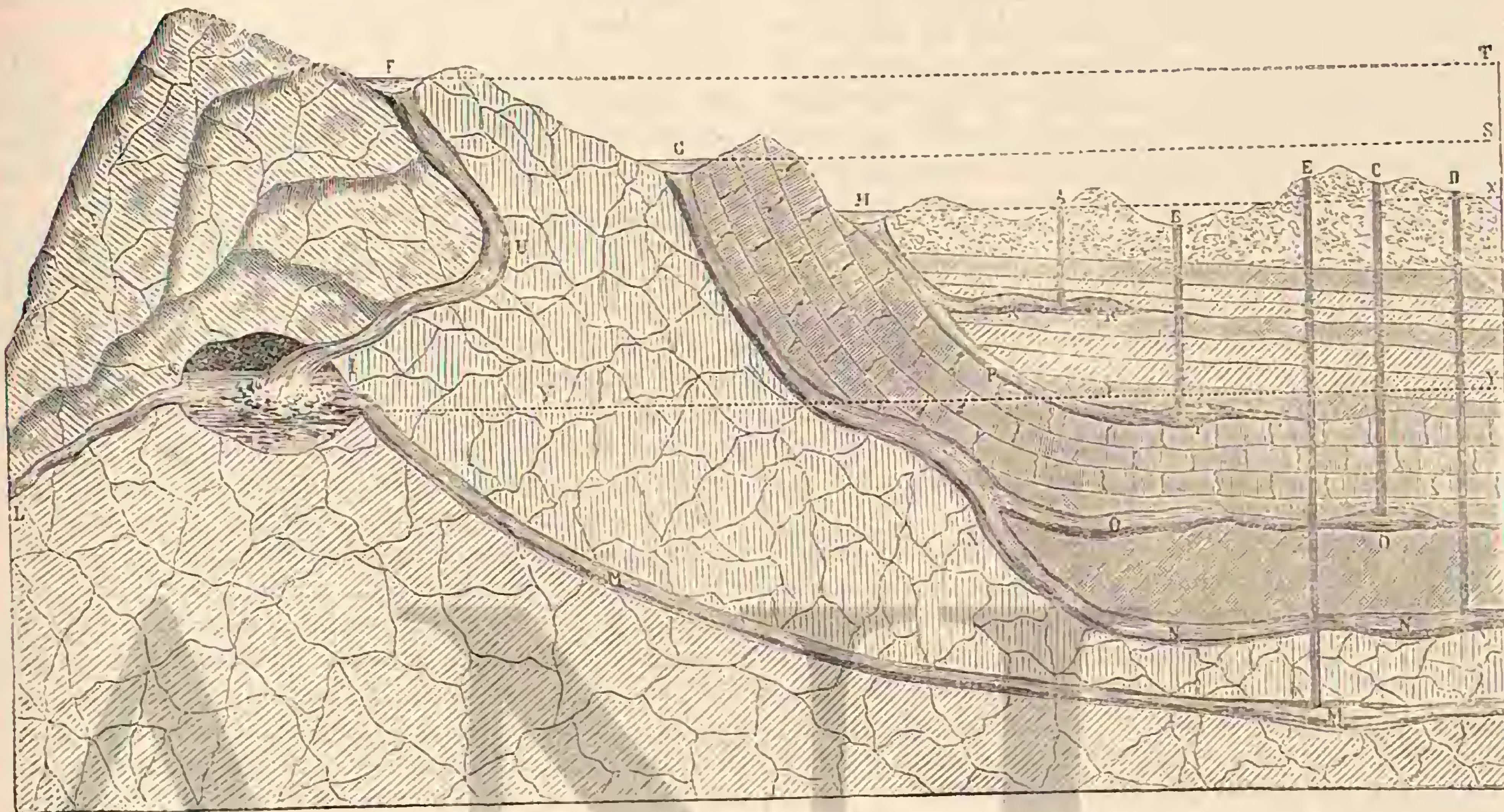


Fig. 160.—Corte demostrativo de la teoria de las fuentes ascendentes naturales y de los pozos artesianos

ha valido, en estos últimos tiempos, para establecer la teoria del calor central.

Algunos, como Azais, han exagerado la influencia de esta causa ó agente hasta el punto de creerle único en el movimiento ascensional de las aguas. A las razones aducidas ya anteriormente para combatir este error, que en la práctica podria ser de fatales consecuencias, hay que añadir la poderosa consideracion de que si tal fuese la causa del movimiento subterráneo de las aguas, en cualquier punto de la superficie terrestre podria encontrarse este elemento, y de consiguiente, en todos podrian intentarse los pozos artesianos con seguridad. ¿Se ve esto confirmado en la práctica? De ningun modo. Así es que en los terrenos de rocas cristalinas ó ígneas, cuya estructura compacta impide la filtracion, no hay corrientes que puedan alimentar los pozos artesianos, teniendo que ir á buscarlos en los llamados de sedimento, por la disposicion en lechos ó capas de sus materiales; y aun son preferibles los que no han sufrido grandes dislocaciones ó trastornos. Si las aguas existiesen en el interior del globo, resultado de las reacciones químicas que allí se verifican, ó de la comunicacion directa de las aguas del mar, no habria la distincion entre terrenos aptos y terrenos impropios al establecimiento de este ramo de industria; distincion que se explica perfectamente partiendo de la teoría y del hecho real y verdadero de la filtracion y circulacion subterránea.

Desechada la teoría de Azais, y tomando por punto de partida en la aplicacion de este ramo de industria la filtracion de las aguas, naturalmente ha de haber ciertas condiciones que sean mas favorables que otras para la realizacion de estas empresas, y tambien puntos de eleccion para llevarlas á cabo.

En cuanto á las condiciones que ha de reunir un terreno para la existencia de aguas ascendentes ó artesianas, las principales son: primera, que aquel esté compuesto de estratos ó capas, ó en otros términos, que sea un terreno de sedimento; segunda, que se hallen sus elementos en estado normal, ó por lo menos que no hayan sido trastornados ó dislocados hasta el punto de presentar interrupciones, fallas, saltos, etc.; tercera, que los materiales sean alternativamente permeables é impermeables, ocupando la superficie los que con mas facilidad den paso al agua; cuarta, que los estratos ofrezcan cierta inclinacion no interrumpida, lo cual podrá conocerse examinando las dos pendientes de una llanura ó las laderas del valle donde se quiera poner en práctica la perforacion; quinta y última, cuando las capas se encuentran levantadas en las montañas ó cordilleras que determinan los límites naturales de una cuenca, ofreciendo además sus cabezas ó extremidades al descubierto y alternando las permeables con las impermeables, es cuanto se puede desear para poner en práctica esta industria. En este caso el agua procedente de ambas laderas remansa en el fondo de la cuenca y sufre todo el peso de la doble columna, esperando solo el momento en que se abra un conducto para salir al exterior, con un salto proporcionado á la altura de que procede. Podria compararse la cuenca en este caso á una vasija en la que flotara un cuerpo lenticular que ocupase casi todo su diámetro, y que se le perforara de parte á parte, pues el agua saldria hasta nivelarse con el líquido exterior.

Los materiales del fondo del valle ó cuenca que atraviesa la sonda en la figura 160, representan perfectamente, en el ejemplo anterior, el cuerpo flotante.

Téngase, empero, entendido que no es de absoluta necesidad que la cuenca esté cerrada para prometerse un buen éxito en la empresa; lo esencial es que exista una columna de líquido determinada por la inclinacion de las capas, y un obstáculo á su salida, para que de este modo la presion pueda obrar sobre ellas, obligándolas á salir con mas ó menos fuerza á la superficie por el conducto ó tubo que abre la sonda. Así es que en un valle ó llanura inmediata á la costa, siempre que los estratos bucen hácia el mar, y que la distancia que los separa de aquella sea algo considerable, pueden existir aguas artesianas, si concurren las demás condiciones indicadas. Numerosos ejemplos podrian citarse en confirmacion de este principio, siendo el mas notable de todos el de los pozos artesianos que hoy surten de excelentes aguas á Venecia, abiertos dentro de la ciudad y á través de las lagunas que comunican con el mar.

De lo dicho se infiere, que en tésis general en todos los terrenos de sedimento normales, sin distincion alguna, pueden hallarse aguas artesianas; sin que estas sean peculiares, como creen algunos, de determinados terrenos ó formaciones. Tampoco se necesita la existencia de muchos terrenos en una region dada, para que pueda considerarse mas favorecida bajo este punto de vista.

La cantidad de agua que suministra un pozo artesiano cuando está bien construido, es en general constante, y solo varía en el caso de abrirse otros en puntos inmediatos, pues entonces suelen equilibrarse las corrientes, disminuyendo las que alimentaban al primero. Las otras causas que alegan algunos para suponer la disminucion y aun el agotamiento definitivo de estas fuentes ascendentes artificiales, como, por ejemplo, el ensanche que deben adquirir con el tiempo las hendiduras ó grietas de los conductos subterráneos, podrá concebirse fácilmente en teoría, pero la experiencia nos demuestra lo contrario. Basta para ello fijar por un momento la atencion en la constancia é igualdad de volúmen del líquido que arrojan las grandes fuentes, para que queden desvanecidos todos estos temores, pues en último resultado, salva la posicion del manantial, y el modo cómo sale el agua, estos pueden considerarse como pozos artesianos naturales.

Las aguas de estos pozos son puras y cristalinas, por lo comun, gracias á la filtracion que experimentan al atravesar los terrenos que recorren, como se nota en los pozos comunes abiertos en terrenos arenosos y detríticos. Sin embargo, bajo este punto de vista, no pueden establecerse principios fijos, pues naturalmente las aguas al atravesar los estratos terrestres, se han de cargar con facilidad de los elementos solubles que les ofrecen las rocas. De manera que en último resultado, la naturaleza del terreno que recorren decidirá de sus propiedades. Así, por ejemplo, las aguas de Grenelle son muy ferruginosas, como lo demuestra entre otras cosas el color amarillento que comunican á los objetos de vidrio ó cristal, que las gentes encargadas de custodiarle, someten á su accion para vender despues á los extranjeros deseosos de conservar un recuerdo de esta, que bien puede reputarse por maravilla. Los objetos que han experimentado la accion de dichas aguas, por efecto, sin duda, de la temperatura de estas, sufren un cambio tan notable en el arreglo de sus moléculas, que se rompen espontáneamente y con la mayor facilidad.

En cuanto al punto en que debe practicarse la perforacion no es indiferente, debiendo escoger, por regla general: primero, el lado hácia donde buzan ó se inclinan las capas; segundo, el pié mismo de la montaña, cuando se opera en un país quebrado, pues allí se tienen que atravesar menos capas para llegar á la corriente; tercero, si se trata de un valle, llanura ó cuenca, en la parte central, pues es el punto en donde se reunen los avenamientos y corrientes subterráneas. En todos estos casos el grado de inclinacion de las capas nos puede dar á conocer la profundidad á que se encontrará el agua; y cuando, á beneficio de un estudio minucioso del terreno y de sus accidentes en la cuenca misma y en un radio mayor ó menor, segun lo exigen las condiciones topográficas, se llegue á averiguar la altura de que proceden las aguas, puede apreciarse aproximadamente el salto que han de dar, dato precioso para la eleccion del punto en donde haya de funcionar la sonda, y para los usos á que se destinen las aguas. Todos estos, empero, son detalles que solo pueden resolverse en vista de las condiciones particulares de la region en donde se trate de poner en práctica esta industria.

En cuanto á la operacion de la sonda, se reduce á perforar por medio de barrenos, trépanos ó taladros de diferentes formas y hechuras, sostenidos por medio de cuerdas, obrando por percusion (sistema chino), ó por barras de hierro ó de madera, enlazadas en sus extremos por tuercas y perforando por rotacion. Los materiales los extrae la sonda misma ó se sacan por otros medios, teniendo buen cuidado de examinarlos y de ir formando al mismo tiempo un corte geológico de las capas que se atraviesan, con el doble objeto de darse cuenta de la composicion de los estratos subterráneos, y de ver si hay necesidad de sostener las paredes del pozo por medio de la entubacion ó con revestimiento de maderas, ó si se puede prescindir de este gasto no despreciable. En general, en los terrenos de aluvion ó de acarreo, y de los compuestos de arenas y arcillas, tan comunes en los terrenos terciarios, y aun en los secundarios, la entubacion suele ser indispensable; mientras que en los de calizas duras, en los de areniscas y de otros materiales consistentes, esta operacion puede considerarse como inútil.

Entrar en mayores detalles acerca del modo de conducir la perforacion, de las diferentes piezas de que se compone la sonda, etc., es asunto mas bien propio de tratados especiales (1) que del presente, en el que solo nos proponemos demostrar la utilidad de los conocimientos geológicos en sus aplicaciones á todos estos ramos de industria.

Los *pozos inversos*, llamados así en contraposicion á los *artesianos*, son especies de sumideros naturales ó artificiales, fundados en los mismos principios que aquellos, con la diferencia de recibir ó absorber aguas ú otros líquidos en vez de suministrarlas. En general un *pozo inverso* absorbe tanta cantidad de líquido cuanta es capaz de suministrar si llega á adquirir el carácter de *artesiano:* de modo que cuando este, con un metro de salto sobre el nivel del suelo, da 100 litros de agua por minuto, bastará alargar un metro el tubo para que absorba igual cantidad de líquido en el mismo tiempo, sin llegar nunca á pasar de su propio nivel. Si suministrando 100 litros por minuto, se desea que absorba 500, se adapta al tubo de ascension una bomba que eleve dicha cantidad en el mismo tiempo: se anota lo que baja la columna del líquido, y en consecuencia se alarga el tubo en la misma proporcion.

Si las aguas artesianas no llegan á la superficie, la absorcion es mucho mas activa.

Por medio de los pozos absorbentes puede el hombre ha-

(1) Los que deseen adquirir mas datos sobre esta materia, pueden consultar varias obras, siendo entre todas la mas recomendable la del Sr. Degousée, titulada *Guide du Sondeur*, Paris, 1847, un tomo en 8.º y atlas.

cer desaparecer las aguas inmundas de las fábricas, y todas aquellas sustancias solubles ó capaces de ser arrastradas por las aguas, y cuya presencia en el exterior es un foco perenne de infeccion. Tambien sirven para desecar los países bajos y pantanosos; siendo, en rigor, un grande y poderoso recurso higiénico, por cuyo medio pueden sanearse los terrenos y poblaciones, restituyéndoles las condiciones á veces indispensables para la vida.

Con el trascurso del tiempo, los pozos absorbentes pueden inutilizarse por la cantidad y naturaleza de los materiales que en ellos se vierten; para evitar este inconveniente, conviene tomar alguna precaucion. La primera consiste en que el tubo esté cubierto en su extremidad superior por una tela metálica, ó que empiece en forma de regadera ó cribo, para evitar de este modo que penetren los materiales de algun tamaño; la segunda se reduce á construir un receptáculo á su alrededor, de cuyo fondo sobresalga el tubo para que se vayan depositando los materiales que no debe absorber el pozo, teniendo cuidado de limpiarlo á menudo para evitar la demasiada acumulacion de sustancias.

La importancia de este ramo de industria, que puede llamarse geológica, por fundarse casi exclusivamente en conocimientos y principios de dicha ciencia, es incalculable. Los *pozos artesianos* están destinados á cambiar las condiciones físicas, y hasta la civilizacion de los pueblos, suministrando el elemento mas indispensable á la agricultura é industria. En unos puntos el agua es potable y satisface las necesidades mas apremiantes del hombre, como sucede en Paris, Venecia y otras partes; en otras lleva disueltas en su masa cantidades prodigiosas de sal comun que se explota por diferentes medios, como se observa en un pozo abierto por cuenta del gobierno de Baviera, cuyos rendimientos exceden de tres millones de reales anuales; en Enghien, Vichi y Hamburgo suministran igual sustancia. En la inmensa mayoría de los casos el agua puede destinarse para la agricultura, bajo cuyo punto de vista la influencia de un pozo artesiano en el bienestar de los habitantes de una region, y hasta en las condiciones climatológicas é higiénicas de esta puede ser muy grande. El brillante éxito en el pozo artesiano de Tamerna obtenido, oasis en el desierto de Sahara, entre Biskra y Tuggurt, y otros muchos, es el principio de una serie de conquistas de la ciencia, cuyo resultado inmediato será trasformar en deliciosa vega aquel océano de arenas, cuya esterilidad consiste en la falta de aguas.

En aquellos países en que estas depositan incrustaciones en los tubos de las calderas de vapor, como sucede en la Mancha, los pozos artesianos están llamados á dar apoyo á esta gran palanca de la civilizacion moderna proporcionando aguas mejores. Bien notorio es el feliz exito que se acaba de obtener en la estacion del ferro-carril de Albacete, por medio de un pozo dirigido por mi amigo Mr. Laurent, de la casa de Degousée de Paris; con cuyo motivo este ilustre ingeniero publicó en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, en abril de 1859, una Memoria importantísima acerca de la constitucion geológica del terreno sobre el que está trazado el ferro-carril de Madrid á Alicante, ilustrada con una lámina, en la que, además del relieve y composicion de toda la línea con algunos detalles muy curiosos referentes á los puntos mas notables, figura tambien el corte de todas las formaciones atravesadas con la sonda en el pozo de Albacete, cuya agua ascendente procede de la profundidad de 84,40 metros.

El mismo ingeniero dió una noticia exacta y muy curiosa, que apareció en el propio *Boletin* en mayo de 1857, acerca de los seis pozos artesianos abiertos con un brillante éxito en el desierto de Sahara oriental, en la provincia de Constantina, y cuyo destino es convertir el desierto en verjel frondoso.

La fuerza que desarrolla el agua en el salto que da á su salida, se emplea en varias partes en la industria como fuerza motriz, suministrando al propio tiempo uno de sus elementos mas indispensables.

Hasta la temperatura que lleva muchas veces el agua puede utilizarse para otros fines, como sucede por ejemplo, con las famosas aguas termales y minerales de Hamburgo, suministradas por pozos artesianos abiertos por Degousée en 1841, 42 y 43.

En cuanto á la utilidad de los pozos inversos con el saneamiento de las tierras pantanosas, y en las fábricas en donde se acumulan materiales inmundos, ya queda indicada mas arriba.

FIN DE LA GEOLOGÍA

OMA DE NUEVO LEÓN ®
AL DE BIBLIOTECAS

PALEONTOLOGIA

INTRODUCCION

Paleontología es la ciencia que trata de los restos ó vestigios de séres orgánicos que existen en los estratos terrestres, plantas y animales, en su mayor parte pertenecientes á especies extinguidas.

El estudio que tiene por objeto interpretar dichos restos, ha conducido á la comparacion de formas y estructuras de las plantas y animales existentes, lo cual ha sido un gran adelanto para la Anatomía comparada, sobre todo en cuanto se aplica á las partes duras ó consistentes de la estructura animal, como los corales, las conchas, las espinas y cortezas, las escamas, los huesos y los dientes.

Al aplicar los resultados de estas comparaciones á la restauracion de las especies extinguidas, se ha beneficiado la fisiología por el estudio de las relaciones de estructura, pudiéndose obtener una idea de la alimentacion y costumbres de dichas especies. De este modo se ha enriquecido con la bien definida ley de la correlacion de estructura.

El conocimiento del tipo ó plan de todos los sistemas de órganos, como el esqueleto de los vertebrados y los dientes de los mamíferos, se ha podido completar en razon á ser constante dicho tipo en las especies extinguidas, habiéndose con ello llenado el mas alto fin de la Zootomía por medio de la Paleontología.

En cuanto á la Zoología, tambien ha podido adquirir mucho mayor desarrollo por la determinacion de la naturaleza y afinidades de los animales extinguidos, siendo dado profundizar mucho mas el verdadero sistema de clasificacion desde que la Paleontología abrió mas ancho campo al exámen del reino animal.

Pero ninguna ciencia afine se ha utilizado tanto de la Paleontología como la que trata de la estructura de la costra terrestre, con el tiempo, órden y modo de formarse sus partes constituyentes, estratificadas y sin estratificar; con efecto, la Geología, progresando rápidamente, parece haber dejado á su antigua hermana, la Mineralogía, constituyéndose en ciencia propia, merced á la feliz aplicacion de los fósiles para determinar las principales vicisitudes de la historia terrestre.

Por la Paleontología se demuestra que la ley de la distribucion geográfica de los animales, segun se desprende de las especies existentes, estuvo en vigor durante épocas muy anteriores á la historia humana, ó á todo indicio de la existencia del hombre, y que por lo que se refiere al período conocido de los fenómenos de la vida en este planeta, ha sido comparativamente un resultado reciente de las fuerzas geológicas que determinan la actual configuracion y estructura de los continentes. Por lo tanto podemos decir que la Paleontología arroja nueva luz sobre uno de los mas interesantes ramos de la ciencia geográfica, el que se refiere á las primitivas formas de la superficie de la tierra, y á otras disposiciones de esta y de los mares, que prevalecen hoy.

La Paleontología demuestra asimismo que el clima ha cambiado en la misma latitud del calor al frio, y vice versa, en un grado mucho mayor que ninguno de los que se recuerdan de la historia humana, en cuyo concepto ofrece á la Meteorología un interesante, aunque oscuro problema, respecto á las condiciones físicas de semejantes alternativas.

Por último, la Paleontología ha puesto de relieve importantes hechos en la mas elevada esfera de los conocimientos á que puede aspirar la inteligencia humana, enseñándonos que nuestro globo ha girado en su órbita durante un período tan largo, que el hombre, en su empeño de conocerle, ha debido hacer un esfuerzo solo comparable con el que hace el que trata de concebir el espacio dividiendo el sistema solar desde las mas altas nubes.

La Paleontología ha demostrado que desde la época, inconcebiblemente remota, en que se verificó la sedimentacion de las rocas cámbricas, vivificaron á la tierra la luz y el calor terrestre primero y solar despues, fertilizándola refrescantes lluvias; que el Océano se movia, no solo por ordenadas y regulares oscilaciones, lo mismo que ahora, bajo la influencia de la atraccion lunar y solar, sino tambien á impulsos de los vientos y las tempestades, que le revolvieron y agitaron; y que en la atmósfera, además de estos movimientos, influyeron saludablemente las nubes y los vapores, que elevándose y condensándose, volvian á caer, circulando de continuo. La Paleontología demuestra que con tales condiciones de vida, existió esta desde hace innumerables miles de años; pero sometida á la muerte desde el principio. El mas primitivo testimonio del sér viviente, sea coral, molusco ó crustáceo en la mas antigua roca fosilífera, es al mismo tiempo una prueba de que murió: el don de la vida se ha trasmitido de generacion en generacion, disfrutando de él sucesivamente los innumerables miles de individuos que constituyen las especies. La Paleontología nos enseña además, que no solo perece el individuo, sino tambien la especie; que así como la muerte se equilibra con la generacion, así la existencia ha sido concomitante de la fuerza creadora que produjo una sucesion de especies; y por último, que en esta sucesion ha habido «un verdadero progreso.» Así sabemos que la fuerza creadora no abandonó la tierra durante ninguno de los períodos del tiempo geológico que siguieron á su primera manifestacion, y que en ninguna clase de animales se limitó la accion de esta á una época geológica. Acaso sea el mas importante y significativo resultado de las investigaciones paleontológicas el establecimiento del prin-

cipio por el cual se reconoce la antigua y ordenada reproduccion de las especies de séres animados.

El exámen que haremos de los restos orgánicos en la costra terrestre comienza con las formaciones inferiores ó sencillas, limitándonos principalmente á los del reino animal.

El siguiente «Cuadro de terrenos» indicará la posicion relativa y la edad de las formaciones geológicas citadas, y sus fósiles animales mas característicos.

CUADRO DE TERRENOS Y ORDEN DE APARICION DE LA VIDA ANIMAL EN EL GLOBO

PERIODOS	TERRENOS	GRUPOS Y FORMACIONES	RESTOS FÓSILES
4.° Neozóico..	Moderno y cuaternario.	7.ª Madrepórica.. 6.ª Turbosa. 5.ª Tobácea. 4.ª Glacial superior.. 3.ª Diluvial. 2.ª Glacial.. 1.ª Oscilac. de los continentes..	*Fauna actual* Hombre fósil, animales extinguidos, id. emigrados, id. domesticados.
3.° Cenozóico..	Terciario..	Plioceno. Mioceno. Eoceno..	Hombre fósil ? Restos de su industria. *Primates* (monos) y restantes órdenes de mamíferos monodelfos. Varios órdenes de aves y reptiles.
2.° Mesozóico..	Secundario.	Cretáceo.	*Peces.*—Cicloideos y tenoideos. *Reptiles.*-Mosasauros, crocodilos, iguanodon, quelonios
		Jurásico.	*Mamíferos.*—Marsupiales. *Reptiles.*—Ichthiosauros, plesiosauros, terodáctilos. *Moluscos.*—Cefalópodos dibranquios.
		Triásico.	*Mamíferos.*—Microlestes. *Aves* (huellas de) *Sauropterigios.* *Labirintodontes.*—Crustáceos isopodos.
1.° Paleozóico..	Primario..	Pérmico.	*Saurios.*—Quelonios (huellas de) *Archegosauro.*—Actinodon, Protriton, Raniceps, etc. *Crustáceos.*—Ultimos trilobites.
		Carbonífero.	*Reptiles.*—Ganocéfalos. *Insectos.*
		Devónico.	*Peces.*—Ganoidéos, placo-ganoidéos, placoideos.
		Silúrico..	*Peces.*—Placoidéos. *Articulados.*—Trilobites. *Moluscos.*—Cefalópodos, tetrabránquios, gasterópodos, terópodos, acéfalos, braquiópodos. *Equinodermos.* *Anélidos.* *Briozoos.* *Zoófitos.*

Los organismos, ó séres vivientes, son aquellos que poseen una estructura interna, celular ó celulo-vascular, susceptible de recibir la materia flúida del exterior y alterar su naturaleza; esta materia se llama nutritiva, y los actos por los cuales se absorbe, circula y se asimila, se llaman funciones vitales, porque mientras se desempeñan, dícese que el organismo vive.

Cuando este último puede moverse tambien, y recibe la materia nutritiva por una boca, retiene oxígeno, desprendiendo ácido carbónico al respirar, y tiene por principales tejidos, compuestos cuaternarios de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, entonces se llama animal. Si el organismo está sujeto á la tierra por medio de raices, carece de boca y estómago, retiene carbono al respirar, exhalando oxígeno, y sus principales tejidos son compuestos binarios ó ternarios, en tal caso recibe el nombre de planta. Pero los dos reinos de la naturaleza que denominamos vegetal y animal, son grupos especiales de otro mucho mayor de séres vivientes, y hay numerosos organismos, los mas muy diminutos, que ofreciendo la forma de células, manifiestan los caractéres orgánicos comunes, sin los atributos que particularmente distinguen á las plantas y á los animales. Estos reciben la denominacion de acrita ó protozoa, y comprenden los amorfozoos ó esponjas, los rizópodos ó foraminíferos, los policistinos, los diatomáceos, los desmidios, los gregarinos y los mas de los poligastrios de Ehrenberg, ó infusorios de los antiguos autores.

ACRITA Ó PROTOZOA

TIPO PRIMERO—HETEROMORFOS

CLASE I—AMORFOZOOS

Las esponjas fósiles ocupan un lugar importante entre los restos orgánicos del mundo primitivo, menos á causa de su gran variedad de formas y estructura, que por la extraordinaria abundancia de individuos en ciertos horizontes. En Inglaterra caracterizan especialmente el terreno cretáceo; en el *greensand* superior ó arenisca verde se encuentran extensos lechos de esponjas cuarzosas, así como en algunas formaciones oolíticas y carboníferas. En Alemania recibe el nombre de *spongitenkalk* un grupo de la oolita superior, por los numerosos fósiles de esta clase que contiene.

Las esponjas actuales se dividen en córneas, pétreas y viscosas, ó céreas, cuarzosas y calizas, segun la sustancia de sus partes consistentes, las cuales afectan de ordinario la figura de agujas muy finas, ó espículas, de aspecto muy variado. La sustancia orgánica blanda, llamada sarcoda, carece, por decirlo así, de estructura, siendo difluente y no contráctil; consiste en un agregado de corpúsculos mas ó menos radiados, en algunos de los cuales se reconoce el vestigio de un núcleo. Los mayores orificios de la superficie de una esponja, se llaman ósculos; por ellos sale el agua que penetra por los que reciben el nombre de poros, siempre muy numerosos y diminutos.



Figura 1.—AMORFOZOOS, RIZÓPODOS

1 Siphonia piriformis, Goldf.; Arenisca verde de Blackdown
2 Guettardia Thiolati, D'Arch.; Creta de Biarritz
3 Ventriculites radiatus, Mant.; Creta de Sussex
4 Manon osculiferum, Phil.; Creta de York
5 Fusulina cylindrica, Fisch.; Carbonífero de Rusia
6 Flabellina rugosa, D'Orb.; Creta de Europa
7 Lituola nautiloidea, Lam.; Creta de Europa
8 Nummulites nummularia, Brug.; Eoceno del antiguo continente
9 Orbitoides media, D'Arch.; Creta de Francia
10 Ovulites margaritula, Lam.; Creta de Europa

Las esponjas calizas abundan en los terrenos jurásico y cretáceo, alcanzando el máximum de su desarrollo en la creta; hoy dia se han extinguido casi del todo, ó están representadas por otras familias que se distinguen por sus espículas calizas. Las esponjas córneas parecen ahora mas abundantes que en los antiguos mares; pero sus restos solo se reconocen en aquellos casos en que están cargados de espículas cuarzosas.

D'Orbigny enumera treinta y seis géneros y cuatrocientas veintisiete especies de esponjas fósiles; pero esta es probablemente una pequeña porcion de las que existen hoy dia en los museos, porque ofrece gran dificultad determinar los límites de las especies, quedando muchas sin describir.

Las paleospongias y acantospongias se encuentran en el silúrico inferior; las estromatoporas, con sus masas concéntricas y laminares, alcanzan un gran tamaño en la caliza de Wenlock, uno de los pisos del silúrico superior en Inglaterra; las esteganodistas, las esparsispongias y varias especies de escifias, se encuentran en el devónico; y las botroconis, manilóporas y tragos, en la caliza pérmica. Varios géneros son comunes al triásico y jurásico, siquiera haya muchas peculiares á este terreno. Las esponjas oxfórdicas corresponden, sobre todo, á los géneros *Eudea*, *hipalimus*, *cribrispongia*, *estelispongia* y *cupulispongia;* su esqueleto fibroso parece haber sido enteramente calizo, con frecuencia muy sólido; su forma es mamelonada, ó afecta la de una copa, y muchas ofrecen semejanza con un tamiz, á causa de la distribucion regular de los orificios que cubren la superficie.

La arenisca verde de Faringdon, en el condado de Berk (Inglaterra), es un horizonte rico en esponjas, particularmente de las que ofrecen la forma de copa; son calizas y pertenecen á los géneros scifia y quenondopora; algunas son mamelonadas, como las de los géneros cenemidias y verticilóporas. El crag de Kent está lleno de esponjas, muy aparentes en los cortes de las laderas asurcadas por las aguas; en algunos lechos abundan de tal modo las espículas cuarzosas, que molestan y hasta hieren las manos de los operarios. La arenisca verde de Blackdown (Inglaterra) es célebre por el número y perfecta conservacion de las especies del género sifonia (fig. 1, 1), cuya forma es la de una pera, mientras que las de Warminster presentan tres ó mas lóbulos. Esta última localidad es la mas rica de Inglaterra por sus especies en forma de copa muy ancha, y tambien por las ramosas (polipotecia), todas las cuales son cuarzosas; las espículas externas de estas esponjas son á veces tan grandes que se han tomado equivocadamente por huesos. Las especies del greensand superior de Farnhan, particularmente las del género sifonia, tienen fosfato de cal en su masa, razon que las ha hecho utilizar como excelente abono para las tierras.

Las esponjas de la creta pertenecen á varias familias distintas: las coanitas se parecen á las sifonias; pero son sentadas y presentan al dividirse un tubo en espiral que gira al rededor de la cavidad central; es la esponja mas comun en el cretáceo de Brighton; otras afectan la forma de una copa irregular, y son calizas; muchos pedernales del condado de Wilt presentan un núcleo de esponja ramosa (S. clavellata). La creta dispuesta en capas regulares, ó en forma de columnas, contiene vestigios de la estructura de la esponja, y su orígen se relaciona, en cierto modo, con el crecimiento periódico de grandes grupos de esponjas. Con frecuencia se observa que solo la corteza ó superficie exterior de aquellas se ha convertido en sílice, mientras que el centro ha desaparecido dejando una cavidad con desigualdades de aspecto estalactítico. Las esponjas de forma de copa están siempre mas ó menos envueltas en pedernal, sustancia que reviste el tronco y rodea el interior, dejando descubierto el borde. Las esponjas de la creta de York ofrecen un carácter distinto: algunas son prolongadas ó radiciformes; otras se extienden en sentido horizontal, pero contienen comparativamente poca sílice; mientras que las que pertenecen al género manon (fig. 1, 4), presentan ósculos prominentes, son superficialmente silíceas y resisten la inmersion, pudiéndose limpiar con ácido clorohídrico. El grupo mayor de las esponjas de la creta tiene por tipo la especie ventriculites (fig. 1, 3), ofrece la forma de una copa ó embudo muy delgado, ó se arrolla tomando la figura de una estrella (Guettardia, fig. 1, 2). Algunas se distinguen por su contorno tortuoso, y otras son ramosas, como los braquiolites. Obtiénense á veces pedazos de los ejemplares envueltos en el pedernal ó las piritas; á menudo se encuentra en las conchas de los terrenos terciarios, como en la creta, la especie llamada cliona; el fósil cretáceo exogyra, de los Estados-Unidos, está con frecuencia minado por ella: los belemnites é inoceramus están con frecuencia cubiertos por sus fibras y células ramificadas. Cuando se pulimentan y examinan con el microscopio algunos delgados pedazos de creta pétrea, distínguense á veces diminutos cuerpos esféricos (spiniferites), cubiertos de espinas que forman radios. Por su semejanza con el organismo de las pequeñas especies de agua dulce del género *Xanthidium*, se designaron largo tiempo con este nombre; pero son seguramente cuerpos marinos, y acaso los esporos de las esponjas.

Las formas genéricas de las esponjas son mas numerosas

y variadas desde el terreno silúrico al cretáceo, donde el aumento es rápido; pero las sifonias, esparsipongias y amorfospongias, que tienen un armazon pétreo y reticulado, sin espículas, y que se agruparon todas juntas con el nombre de petrospongias, desaparecieron en la época secundaria, no teniendo representantes en los depósitos terciarios, ni menos aun en los mares actuales.

CLASE II—RIZÓPODOS

Los organismos de esta clase son en su mayor parte sumamente diminutos, ó mejor dicho, microscópicos; la estructura, muy sencilla y gelatinosa, está de ordinario protegida por una concha. Los rizópodos mas sencillos, llamados amibas, ofrecen una forma regular cuando se contraen; pero pueden extender parte de su sustancia en forma de raíces, valiéndose de ellas para hacer avanzar el resto de la masa, como se observa en los piés ó tentáculos de los pólipos. Estos apéndices radiciformes son susceptibles de fijarse en partículas extrañas y de conducirlas al sarcoda, donde la parte soluble orgánica puede ser asimilada, mientras que la insoluble es expelida. En el interior de los amibas se distingue comunmente un corpúsculo sólido, hialino, ó núcleo, acompañado á veces de una ó mas vesiculas contráctiles. Cuando las prolongaciones del sarcoda son numerosas y filiformes, al parecer constantes, é irradian además de todas las partes del cuerpo, el rizópodo presenta los caractéres de los actinofris; si los tentáculos se producen solo en una extremidad del cuerpo, resulta el género panfagus; cuando el rizópodo aparece encerrado en un saco membranoso, recibe el nombre de difugio; y las especies cuyo saco presenta una abertura en la superficie plana, por donde el animal saca los tentáculos, se denominan arcellas. En otros rizópodos se endurece el saco, ó se convierte en una concha, ó dermato-esqueleto, consistente por lo comun en un agregado de células que se comunican por diminutas aberturas, derivándose de este carácter el nombre de foraminíferos, con que se designa á los rizópodos testáceos. Estas células crecen por gemmacion sucesiva, partiendo de un segmento primordial, á veces en línea recta; pero mas comunmente en forma de una curva espiral, ofreciendo cada segmento así desarrollado, su propia cubierta conchífera; sin embargo, como están orgánicamente en relacion, el conjunto parece formar una concha dividida en celdillas. El segmento últimamente formado se distingue de ordinario por los filamentos contráctiles, muy largos, delgados é incoloros, á los cuales deben los animales de que se trata el nombre de rizópodos. Pero en los foraminíferos, el tabique exterior y el de la concha presentan diminutas aberturas, por las cuales pueden pasar ó proyectarse los filamentos del tejido blando orgánico. Los diversos segmentos son esencialmente repeticiones uno de otro, y no hay prueba alguna de que los mas interiores y primeros que se formaron reciban su alimento de los exteriores y mas recientes. Un foraminífero puede por lo tanto considerarse como una serie de individuos unidos orgánicamente, ó bien como un simple sér agregado, compuesto segun la ley de la repeticion vegetativa.

Las diminutas conchas celulares de los foraminíferos entran por mucho en la composicion de todos los terrenos de sedimento, abundando de tal manera en muchas rocas, tales como la creta, por ejemplo, que justifica la frase de Buffon de que «el mismo polvo habia vivido.» Las operaciones de sonda practicadas por la Compañía del telégrafo atlántico, y las realizadas entre Bockall y el Cabo Farewell, han demostrado, que el lecho de aquel gran océano, á una profundidad de dos millas, ó acaso mas, se compone principalmente de conchas calizas de la globigerina y de algunos otros rizópodos, junto con los dermato-esqueletos silíceos de los policistinos. La composicion de la creta es muy análoga á lo que acaba de indicarse, pues quitadas por locion las partes mas finas, lo restante de la masa se halla literalmente formado de conchas de foraminíferos, algunas perfectas y otras incompletas.

Las mas de estas conchas son microscópicas; pero algunos de los mayores foraminíferos ya extinguidos, llamados nummulites, por su semejanza con una moneda, alcanzan hasta dos pulgadas de diámetro.

Las divisiones genéricas adoptadas para estas conchas se fundan en el crecimiento y en la manera de aumentarse numéricamente las células. Los primitivos grupos de rizópodos, segun D'Orbigny, son los siguientes:

1 Monostega.—Cuerpo de un solo segmento y concha de una célula.

2 Sticostega.—Cuerpo formado por segmentos dispuestos en una sola línea; concha con series lineares de células.

3 Helicostega.—Cuerpo compuesto de una serie espiral de segmentos; concha formada por cierto número de circunvoluciones.

4 Entomostega.—Cuerpo de segmentos alternados, en forma espiral; células dispuestas alrededor de dos ejes alternados constituyendo espira.

5 Enalostega.—Cuerpo compuesto de segmentos alternados que no forman espiral; células dispuestas en dos ó tres ejes que tampoco la constituyen.

6 Agatistega.—Cuerpo consistente en segmentos que se arrollan alrededor de un eje; células dispuestas de un modo semejante, ocupando cada una la mitad de toda la circunferencia.

Mr. Schultze adoptó una clasificacion algo distinta, dividiendo los politalamios en tres secciones, á saber:

1 Helicoidea: comprenden aquellas formas en que las diversas células de la concha están dispuestas en series arrolladas: corresponden á los cuatro últimos órdenes de D'Orbigny.

2 Rabdoidea: las células están dispuestas en línea recta (Sticostega de D'Orbigny).

3 Soroidea: células dispuestas de un modo irregular (acervulina).

Lagenia es un género de los monostega, ó foraminíferos de una sola célula con la concha en forma de frasco, y á veces aflautada exteriormente. Las entosolemias, así como las lagenias, tienen el cuello tubular invertido dentro de la cavidad de la concha.

Entre los foraminíferos de muchas células no parecen tener límite las modificaciones de forma: las nodosarias se asemejan á una varilla cilíndrica; las cristelarias comienzan por una espiral, y despues son rectas; pero las mas de las especies son del todo espirales; en algunas, como los nummulites, las células ó celdas aparecen dispuestas en espiral, pero arrolladas en el mismo plano, y en muchas gira la espiral oblicuamente alrededor de un eje, comunicando á la concha una forma trocoidéa.

Se han descrito ya mas de seiscientas cincuenta y siete especies fósiles, pertenecientes á setenta y tres géneros: comienzan en el período paleozóico, aumenta el número de especies y variedades en los horizontes sucesivos, alcanzando el máximo desarrollo en los mares actuales. Los mas de los géneros fósiles, y aun algunas de las especies, pasan por muchas formaciones; y á decir verdad, si se observa con atencion, se ve que las formas existentes son las de los mas antiguos organismos que se conocieron. La dentalina communis, el orbitolites complanatus, la rosalina itálica, todas

especies vivas, se encuentran, al parecer de algunos autores, en la creta; la rotalina umbilicata corresponde al horizonte cretáceo llamado gault; y la Webbina rugosa es comun al lias superior y á la creta, encontrándose en los mares actuales. Se ha observado, no obstante, que los rizópodos fósiles que quedaron libres por la disgregacion de las rocas, se mezclan con las conchas recientes en las costas, habiéndose extraido algunos en tal condicion de grandes profundidades.

La forma mas primitiva y notable de los rizópodos, es la fusulina (fig. 1, 5), que constituye capas de muchas pulgadas, y hasta de varios piés de espesor en la caliza carbonífera de Rusia; los géneros dentalina y textularia, se encuentran en la caliza pérmica; los denominados nodosaria, cristelaria y rotalia, son propios del lias; la flabellina (fig. 1, 6), es peculiar de la creta, lo mismo que el orbitoides (fig. 1, 9), que se halla además en los horizontes terciarios; el ovulites (fig. 1, 10), existe en el terciario eoceno, y la frondiculina en el mioceno; los géneros operculina, orbitolites y alveolina aparecen primero en el terciario, y viven aun; el género lituola (fig. 1, 7), se halla en la creta, y algunas especies cuyas células están llenas de una materia gredosa, han sido agrupadas en un género denominado spirolina. Muchos de los foraminíferos cretáceos contienen una sustancia parduzca colorante, que persiste despues de haber sido disuelta la concha en un ácido débil, la cual se ha considerado como un resto de la materia orgánica que en otro tiempo llenó todas las células.

Las capas inferiores del eoceno, en la caliza que se emplea en Paris como piedra de construccion, contienen foraminíferos en tan considerable número, que bien podemos decir que la capital de Francia está casi del todo edificada con esas diminutas conchas complejas.

Pero en el eoceno medio, ó numulítico por excelencia, es donde los rizópodos alcanzan su mayor tamaño, figurando en primera línea entre los organismos; su número suele ser tan considerable, que no solo forman rocas calizas ó arenosas, sino estratos de gran potencia y hasta montañas enteras, sobre todo los nummulites. Las calizas numulíticas se encuentran en el sur de Europa, en el norte de Africa, en la India, y asimismo en Jamaica. La forma mas comun es el nummulites propiamente dicho (fig. 1, 8), que se halla en la piedra de construccion de la Gran Pirámide.

POLICISTINOS.—Las margas terciarias de la isla Barbada (Antillas), proporcionaron á Ehrenberg una extensa serie de nuevos y extraordinarios organismos microscópicos, compuestos de sílice, pero perforados como las conchas de los rizópodos. En el fondo fangoso de los golfos Erebo y Terror, y mas recientemente en el de la parte norte del Atlántico, se han hallado las mismas formas y otras semejantes; son del todo distintas de las que ofrecen las mas de las especies del género *diatomacea*; pero algunas de ellas se parecen á los *coscinodiscus* y *actinocyclus*. Se han descrito ya doscientas ochenta y dos formas, que se han agrupado en cuarenta y cuatro géneros provisionales.

CLASE III—INFUSORIOS

(POLYGASTRIA, EHRENBERG)

Bajo estas denominaciones y grupos, se comprenden numerosos séres de organizacion sencilla y de cubierta ó si se quiere dermato-esqueleto pétreo, formando parte de faunas antiguas y modernas. Las conchas silíceas de los infusorios, aunque no divididas en células ni perforadas, ofrecen si se observan con el microscopio marcados y curiosos caractéres de forma y dibujo, tan fáciles de distinguir como los de las conchas de los moluscos. Las láminas de los incomparables estudios y monografías de Ehrenberg, contienen numerosas y exactas figuras de los delicados restos de infusorios de las épocas pasadas y presentes, cuyos depósitos fueron conocidos en las artes mucho tiempo antes que la ciencia reconociera su naturaleza y procedencia orgánica. Examinadas con el microscopio por Mr. Ehrenberg en 1836 varias porciones de la piedra llamada trípoli, observó que se componian exclusivamente de conchas cuarzosas de infusorios, y sobre todo de una especie ya extinguida que designó con el nombre de gallionella distans.

En Bilin (Bohemia), existe un depósito de dicha piedra, que tiene por lo menos catorce piés de grueso, y forma la cima de una colina, en la cual, cada pulgada cúbica contiene cuarenta y un mil millones de las llamadas unidades orgánicas. Dicha roca encierra asimismo conchas de los géneros navicula, vacillaria, actynoclus, y otros organismos, todos cuarzosos; la parte inferior de dicho depósito consiste en conchas compactas, y adheridas sin ningun cemento visible; en las masas superiores, están aquellas pegadas, y llenas de una materia amorfa y silícea, formada por las conchas disueltas. En Egea (Bohemia), existe otro horizonte de dos millas de largo, que tiene unos veintiocho piés de grueso, de los cuales, los diez superiores se componen exclusivamente de conchas cuarzosas de infusorios, incluso el hermoso campilodiscus; los otros diez y ocho piés constan de conchas mezcladas con una sustancia pulverulenta. Otros depósitos han sido descubiertos en diversas partes del mundo, comprendiendo algunas especies de infusorios de agua dulce y marinas.

No es difícil formarse idea de semejantes acumulaciones orgánicas, examinando los depósitos de los pantanos y de las aguas estancadas ó de corriente lenta. En las latitudes y climas cálidos hormiguean los infusorios en tales aguas; encontrándose tambien sus restos en cantidades prodigiosas en los depósitos de sedimento. En la parte inferior de los pantanos turbosos forman á veces bancos de muchos piés de grueso, constituyendo además con la turba una marga cuarzosa blanca y pura. En las orillas del lago inmediato á Uranea, en Suecia, se deposita una cantidad de materia pulverulenta, que por su extremada finura parece harina; los habitantes mas pobres la han conocido hace mucho tiempo con el nombre de *bergmehl* (alimento de montaña), y la utilizan mezclándola con harina, como artículo alimenticio; se compone en gran parte de conchas silíceas de infusorios, con un poco de materia orgánica. Tocante al orígen de los restos fósiles de infusorios en el agua del mar, véase lo que se dice en el *United States Coast Survey* de 1856:

«Los sondeos practicados en el Gulf-stream (corriente del golfo) cerca de Key Siscayne, á una profundidad de 147 á 205 brazas, dieron con un cieno de color gris verdoso claro, compuesto esencialmente de foraminíferos; las diatomaceas, policistinos y geolites figuraban con una profusion solo comparable con la de los policistinos fósiles que constituyen el horizonte de Barbada. Los foraminíferos componen la mayor parte de dicho cieno, figurando sobre todo la textularia americana, marginula Bachei y otras formas, y particularmente muchas especies del género plicatilia de Ehrenberg, que se suponia existir tan solo á poca profundidad. Las conchas cuarzosas de las diatomaceas abundan en el residuo de los foraminíferos calizos atacados por algun ácido.»

Estas manifestaciones de la vida, con sus resultados minerales, se han reconocido desde los depósitos de sedimento mas primitivos hasta la presente época; hallándose muy des-

arrollados en las diversas formaciones del período terciario. La ciudad de Richmond, Estados Unidos, está construida sobre bancos cuarzosos de orígen marino pertenecientes al terciario, de unos veinte piés de grueso, compuestos en su mayor parte de conchas de infusorios, entre las que se ven las especies bien conocidas y microscópicas de los géneros actinocyclus y coscinodiscus.

Las mas de las formaciones de infusorios, tales como las de Cassel, Planitz y Bilin, son admirables monumentos del trabajo de los organismos microscópicos en los primeros períodos de este planeta. El diminuto tamaño, la estructura elemental, la tenacidad de la vida, y la maravillosa fuerza de reproduccion de los infusorios, les ha permitido sobrevivir como especies á los cambios que han sido causa del exterminio de organismos mas elevados. El hecho de haber descubierto Mr. Ehrenberg mas de veinte especies de infusorios fósiles en la creta y margas cretáceas, idénticas á varias que aun existen en el lecho del Báltico, es un dato muy instructivo para la oscura historia de la introduccion de especies de séres animados en este planeta, y presta un gran interés á la clase de infusorios á los ojos del geólogo y del filósofo. «Estos organismos, escribe Ehrenberg, constituyen una cadena que, aunque el eslabon individual sea microscópico, no es menos poderoso en la masa, pues pone en relacion los fenómenos de la vida de las mas remotas edades de la tierra, demostrando que el orígen de la naturaleza orgánica es mucho mas antiguo en la historia de la tierra de lo que se habia sospechado hasta aquí. Los organismos microscópicos son muy inferiores como fuerza individual á los leones y á los elefantes; pero por sus influencias unidas tienen mucha mas importancia que dichos animales.»

Si alguna vez es permitido al hombre penetrar el misterio que rodea el orígen de la fuerza orgánica en los extensos lechos de las aguas dulces y saladas, lo conseguirá mas bien por el experimento y la observacion en los átomos que manifiestan las mas sencillas condiciones de existencia.

ANIMALES INVERTEBRADOS

Los restos de animales invertebrados se encuentran en los estratos de todas las edades, desde las rocas, en parte metamórficas y cristalinas del sistema cámbrico, hasta los depósitos formados por las aguas actuales; hállanse en todos los países, desde la mas alta latitud que alcanzaron los viajeros árticos, hasta las extremidades de los continentes orientales, y á la mayor elevacion á que llegó el hombre en los Andes ó el Himalaya. Si algunas clases de los tunicados y acalefos no parecen estar representadas en los depósitos estratificados, son aquellas que por estar compuestas de tejidos blandos, al menos en ciertos períodos de su existencia, no pudieron fosilizarse fácilmente. Sin embargo, los restos fósiles de los hidrózoos, compuestos como, por ejemplo, los pólipos que Ellis llamó coralinos, y especialmente del género campanularia, demuestran que el tipo de los acalefos apareció en el período á que pertenece la formacion que los contiene. Fuera de las excepciones citadas, todas las clases de animales invertebrados están representadas por restos fósiles.

Consisten estos en corales y conchas, en erizos de mar, escudos de cangrejos é insectos, é impresiones de superficies y vestigios de cavidades formadas por los invertebrados blandos, retenidos por la matriz despues de haber perecido los animales.

La condicion en que aparecen estos fósiles depende de varias circunstancias accidentales; notándose, por ejemplo, que mientras unos apenas están alterados en su composicion, conservando hasta el color, en otros se ha infiltrado algun jugo lapídeo, pudiendo haberse disuelto todas las partes del sér primitivo, siendo reemplazadas por otra sustancia mineral en la roca misma que la contenia.

Muchas de las especies recientes están fosilizadas en los terciarios mas modernos, cuya historia se puede trazar muy bien por la de los individuos vivos; pero el número disminuye gradualmente en los mas antiguos estratos, al paso que la proporcion de las formas extinguidas va siempre en aumento.

TIPO SEGUNDO—RADIADOS

El pólipo es un pequeño animal acuático de cuerpo blando, generalmente de forma oval cilíndrica ú oblonga, con una abertura en una de sus extremidades, rodeada por una corona de filamentos en forma de radios, que se designan con el nombre de tentáculos. Esta abertura conduce á la cavidad digestiva, que en los mas de los pólipos carece de intestino. Muchos de estos séres tienen órganos de apoyo y mejor una habitacion, conocida con el nombre de polipero, de diversa forma y sustancia, pero compuestos los mas de carbonato de cal, perdiendo el sér por lo comun el privilegio de moverse á medida que se desarrolla el polípero, que suele fijar el pólipo en un cuerpo extraño. La organizacion de los tejidos blandos es de ordinario sencilla; sus funciones muy limitadas, y los fenómenos vitales, exceptuando los de irritabilidad y contractibilidad, indiscernibles. Sin embargo, la influencia de las fuerzas combinadas de algunas especies no deja de tener su importancia por lo que modifica ó aumenta la corteza terrestre.

CLASE I—HIDROZOOS

CARACTÉRES.—Cuando el polípero existe es flexible y externo; las células de los pólipos presentan en su mayor parte estructura regular.

FAMILIA I—GRAPTOLITIDOS

A esta clase pertenecen probablemente los restos orgánicos llamados *Graptolites*, que son exclusivos y característicos del terreno silúrico. Para el conocimiento de sus afinidades seria necesario el exámen de las partes blandas; pero debe advertirse que la familia se ha extinguido por completo hace muchos millones de años; sin embargo, teniendo en cuenta las indicaciones acerca de la consistencia flexible del polípero, y tambien que, segun Barrande, existe un canal cilíndrico en su eje, que hubo de contener el tejido adherente de los pólipos, pueden agruparse los graptolites, siquiera sea provisionalmente, en esta primera clase.

El eje del polipero algunas veces es recto (fig. 2, 3), y otras espiral (fig. 2, 6); la forma mas comun es la del *Graptolites priodon* (fig. 2, 3), muy abundante en los horizontes silúricos de Escocia, Gales, Bohemia y de otros puntos. El graptolites doble, Diplograpsus (fig. 2, 5), y Didymograpsus (fig. 2, 4), son formas cámbricas. El rastritis (fig. 2, 6) tenia solo los pólipos en un lado, y no tan agrupados: caracteriza la division E, segun Barrande, del silúrico de Bohemia, y tambien las rocas de Llandeilo en Bretaña. Los graptolites abundan en rocas arcillosas, especialmente en Gales y Cumberland, lo cual recuerda el fondo cenagoso donde las virgularias y otras formas graptolíticas de penatúlidos se desarrollan formando como bosques. El graptolites primitivo puede haber presentado una estructura mas generalizada de pólipo de la que ahora se observa en las sertularias y plumas de mar.

Son interesantes por su remota antigüedad las impresiones que ofrecen las pizarras cámbricas de Wicklow, seme-

jantes á los ejemplares de la sertularia argentea, atribuidas al género oldamia. Una especie (fig. 2, 2) presenta un eje con grupos de ramas en forma de radios, que divergen alternativamente, con notable regularidad en ambos lados. La flexibilidad primitiva del organismo compuesto se reconoce

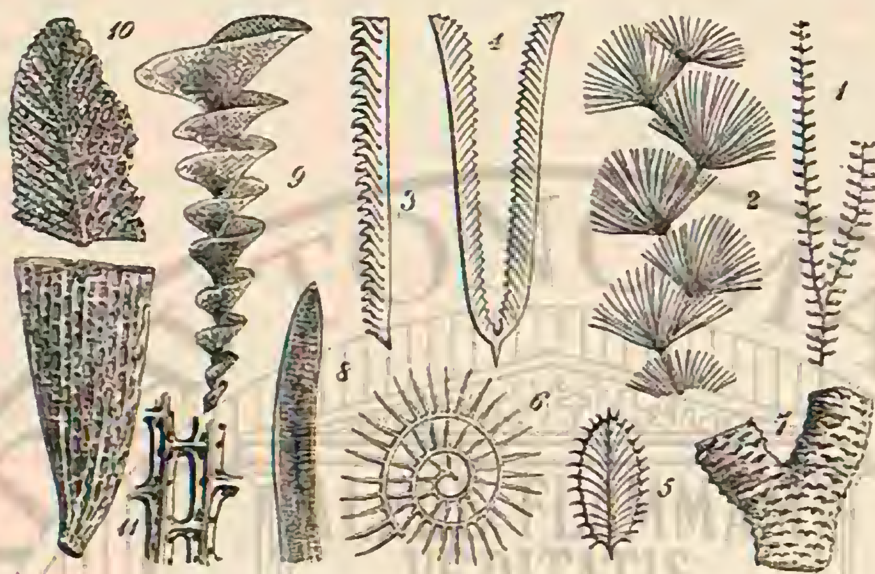


Fig. 2.—HIDROZOOS; ANTOZOOS; BRIOZOOS

1 Protovirgularia dichotoma, M'C.; Silúrico de Dumfries
2 Oldhamia antiqua, Forbes; Cámbrico de Wicklow
3 Graptolites priodon, Brun; Silúrico de Bretaña
4 Didymograpsus Murchisoni, Beck; Silúrico de Gales
5 Diplograpsus folium, His.; Silúrico de Bretaña
6 Rastritis peregrinus, Barr.; Silúrico de Bohemia
7 Cœnites juniperinus, Eichw.; Silúrico de Dudley
8 Ptilodictya lanceolata, Lonsd; Silúrico de Tortworth
9 Archimedipora Archimedea, Lesuer.; Carbonífero de Kentucky
10 Ptilopora pluma, M'C.; Carbonífero de Irlanda
11 Fenestrella membranacea, Ph.; Carbonífero de Bretaña

por el estado de compresion en que se encuentra la masa algunas veces, y tambien por el mayor ó menor desarrollo de las expansiones palmeadas. Los oldamias podrian ser briozoos; pero si es exacta la interpretacion de las partes que nacen de las axilas, como las cápsulas ovíferas, el género corresponde á los hidrozoos.

CLASE II — ANTOZOOS

En esta clase de pólipos, los tentáculos son huecos, y los mas tienen los bordes pectíneos. El polípero es de ordinario interno y forma los cuerpos mas propiamente llamados corales y madréporas.

Hay muchas dudas respecto á los fósiles atribuidos á esta clase de pólipos. Las denominaciones gorgonia y alcion se han aplicado á séres no bien estudiados, y que por lo regular demuestran corresponder al grupo de los briozoos y esponjas. El fósil del silúrico inferior llamado piritonema consiste en un fascículo de fibras cuarzosas, y se ha supuesto que tenia relacion con el zoófito cristalino Hyalonema. Los depósitos miocenos del Piamonte contienen una especie del género corallium, un antipates y un isis (ó isina de Orb.), que tambien se encuentra en Malta. En la arcilla de Lóndres existe un coral (graphularia), atribuido á los penatúlidos, y dos gorgónidos (Mopsea y Websteria). Esta es la mas primitiva y auténtica prueba de la familia de los antozoos existentes, caracterizados por un eje ramoso calizo, sólido ó flexible cubierto de una sustancia carnosa sostenida por espículas calizas, que sirve para alojar á los pólipos.

Los corales lameliferos ó pétreos, en los que aparecen los pólipos dentro de células dobladas sobre la superficie de un eje calizo é inflexible, representan, despues de los moluscos, la mas considerable é importante clase de los invertebrados fósiles. Alcanzaron un gran desarrollo en los primitivos mares, y se propagaron y fueron tal vez individualmente mas abundantes en el período silúrico que en ningun otro de los que siguieron. Los arrecifes de coral están confinados ahora á los mares cálidos, y no se encuentran en grandes extensiones de la costa tropical. La oculina es el único coral grande que actualmente se halla en el norte; pero en las épocas paleozóicas se extendian los representantes de las modernas astreas y cariofileas hasta las regiones mas lejanas que alcanzaron los viajeros árticos; en un período mucho mas reciente formaron arrecifes de considerable espesor y extension en el horizonte del coral-rag. La caliza silúrica de Wenlock Edge es en sí un arrecife de coral de treinta millas de largo; las de Plymouth y la carbonítera ofrecen con frecuencia el aspecto de bancos de coral, que rodean ó limitan las mas antiguas regiones del terreno silúrico y del devónico. La estructura de los bancos de coral se puede estudiar en las elevadas masas de caliza de Cheddar y en las riberas de Lough Eerne, así como en las islas de coral de los mares del Sur, levantadas por los terremotos del siglo último. En los campos próximos á Steeple Ahston (Inglaterra), cada piedra que desentierra el arado es un coral, ofreciendo las canteras y depósitos de caliza suficientes materiales al paleontólogo para el estudio de una clase, que casi no se encuentra ya en las actuales costas de Europa. La historia de los corales fósiles británicos, tal como la dan Milns Edwards y Haime en las Monografías de la Sociedad Paleontográfica, revela, juntamente con la de las conchas fósiles de otros autores, el tránsito de un estado muy distinto del que ahora subsiste en nuestra parte del globo, y una aproximacion gradual al presente órden de cosas.

En los terrenos paleozóicos los corales corresponden principalmente á dos órdenes extinguidos; los del período secundario ofrecen mayor semejanza con los vivos de climas mas cálidos que los nuestros; y los pocos géneros y especies terciarias, se parecen á los de la Europa oriental y á los de la Gran Bretaña.

Un grupo considerable de corales paleozóicos, el de los ciatofilidos, ofrecen una disposicion singular en las láminas de las copas ó estrellas que repiten de 4 en 4, al paso que las celulares de las modernas familias de antozoos se desarrollan en series múltiples de 6; si bien se observa una notable excepcion en los holocistos (fig. 4, 8), corales de la arenisca verde inferior, parecidos á la astrea, que tienen las estrellas cuádruples. Los corales paleozóicos son tambien notables por la manera como aparecen divididos por tabiques horizontales, segun se observa en los nautilos. Este carácter no se presenta solo en los ciatofílidos, sino tambien en los milepóridos, favositidos y otras familias análogas. De los 129 corales silúricos, 121 pertenecen á las divisiones lisas.

El terreno devónico contiene unos 150 corales conocidos; la caliza carbonífera 76, y la pérmica solo 5 ó 6. Las formas mas comunes de los corales sencillos turbinados están representadas por los ciatófilos (fig. 3, 2 y 3), que presentan cuatro ligeras fosas en su copa, y están sostenidos á menudo por apéndices semejantes á raices. En la especie zafrentis (figura 3, 5) no hay mas que una fosa profunda. El amplexus (fig. 3, 1) es un fósil característico carbonífero, casi cilíndrico, y á veces tan recto y regular en su crecimiento, que en un principio se describió como una concha con celdillas. Los tabiques radiados son muy ligeros, y las divisiones horizontales sencillas, planas, y casi tan regulares como los tabiques de los ortoceras. En los cistífilos silúricos (fig. 3, 4) las láminas son imperceptibles; pero los tabiques están representados por numerosas hojas vesiculares. Los corales de este género no se encuentran siempre solitarios ó en grupos sencillos; algunas especies de ciatófilos forman constantemente masas compuestas, con copas que adquieren la forma

poligonal por compresion, como en el C. regium de la caliza de Bristol. El género afine acervularia (fig. 3, 8) se parece á las astreas, ofreciendo de una manera muy notable la multiplicacion de sus coralites por gemmacion calicular. Las especies del género litostrotion (fig. 3, 7), de la caliza carbonífera, son tambien compactas y estrelladas, pero los nuevos coralites se producen por gemmacion lateral. Unos corales que presentan la misma estructura pero no compactos, han recibido el nombre de litodendron (fig. 3, 6). El coral-cadena

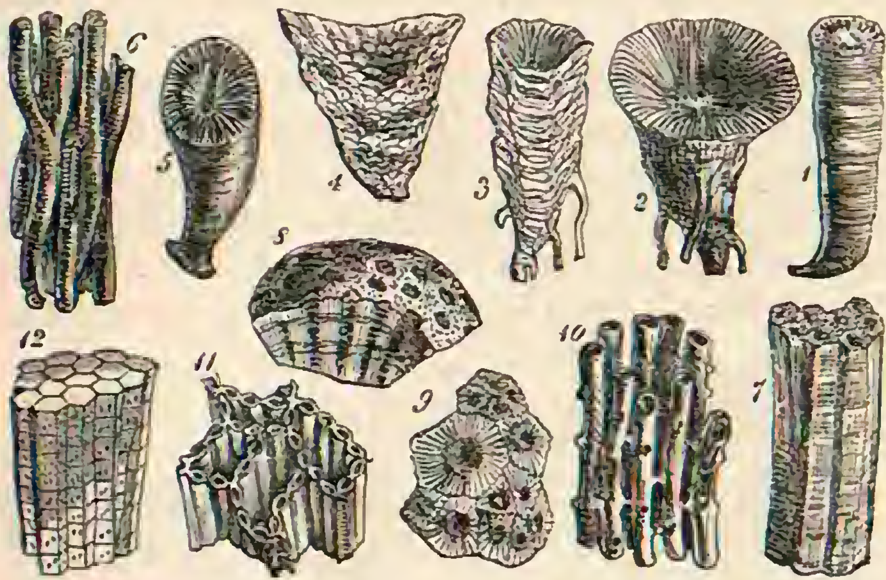


Fig. 3.—CORALES PALEOZÓICOS (*Antozoos*)

1 Amplexus Sowerbyi, Ph.; Carbonífero de Irlanda
2 Cyathophyllum turbinatum, Lin.; Silúrico de Wenlock
3 Cyathophyllum subturbinatum; Silúrico de Wenlock
4 Cystiphyllum siluriense, Lonsd.; Silúrico de Wenlock
5 Zaphrentis Phillipsi, Edw.; Carbonífero de Somerset
6 Lithodendron irregulare, Ph.; Carbonífero de Europa
7 Lithostrotion striatum, Flem.; Carbonífero de Europa
8 Acervularia luxurians, Eich.; U. Silúrico de Europa
9 Heliolites interstincta, Wahl.; U. Silúrico de Europa
10 Syringopora ramulosa, Goldf.; Carbonífero de Europa
11 Halysites catenulatus, L.; Silúrico de las regiones del Norte
12 Favosites Gothlandica, Lam.; Silúrico del Norte

halysites (fig. 3, 11) y el siringopora (fig. 3, 10), se asemejan á primera vista al moderno asteroideo tubipórido; en los halysites se observa que los tabiques radiados son del todo rudimentarios; y en los siringoporas afectan los tabiques la forma de embudos, constituyendo un eje central para cada tubo. Los favositidos (fig. 3, 12) son los mas muy regulares, tanto por la figura poligonal, como por los tabiques trasversales; las células de los coralites adyacentes se comunican por poros, á los lados ó en los ángulos de las paredes; los tabiques son rudimentarios. Las especies del género coetetes presentan siempre tubos delgados, que se prolongan mucho, sin tener perforadas las paredes. Las michelinias se parecen al fruto del nelumbo, tienen tabiques vesiculares y apéndices semejantes á raíces en su cara basilar. El género heliolites (fig. 3, 9), del que se encuentran muchas especies en la caliza silúrica y devónica, tiene afinidad con el mas moderno millépora; los tabiques son distintos y regulares; los espacios que median entre las estrellas están llenos de tubos muy finos y regulares. En el silúrico superior se encuentra un género de fúngidos (palæocyclus).

Los corales británicos secundarios no son muy numerosos, pues aunque abundan los ejemplares en el horizonte del coral-rag, solo se encuentran en él catorce especies. Sin embargo, cuéntanse en total sesenta y cinco especies en las oolitas inglesas, y veintidos en la creta y arenisca verde. Las mas de ellas son astraideas, ó afines á las fungias: en las oolitas existen tres formas comunes; á saber: las montlivaltias (fig. 4, 9); las estilinas (fig. 4, 10), y las tecosmilias (fig. 4, 11). En el cretáceo inglés, se encuentran los holocistis (fig. 4, 8), que es el coral mas reciente que ofrece disepimentos cuádruples; los trocaciatos y parasmilios (fig. 4, 6), semejantes á las modernas ciatinas, y la pequeña fungia coronula (fig. 4, 3), comprendida en los dos géneros microbacia y stephanophillya, de dos órdenes diferentes, en las «Monografías de la Sociedad paleontográfica.» En la creta inferior de Francia y Alemania existen otros muchos corales, particularmente ciclolites (fig. 4, 5), pachygyra (fig. 4, 7), y diploctenium (fig. 4, 2). El aspidiscus (fig. 4, 4), fué encontrado en Argelia por el doctor Shaw.

El horizonte del eoceno inglés contiene veinticinco especies de corales, todas extinguidas, pertenecientes á quince géneros, entre los cuales figura una astrea (litaræa Websteri); una balanophyllia análoga al coral vivo; una dendrophyllia, que es el representante mas antiguo del género; una oculina, y ocho especies del género turbinolia (fig. 4, 1). Los corales del plioceno inglés son en su mayor parte briozoos; en el crag coralino se han encontrado solo cuatro verdaderos corales, correspondientes á los géneros sphenotrochus, flabellum, cryptangia y balanophyllia, que se consideran todos como extinguidos, aunque el primero tiene mucha afinidad con la especie existente esfenotroco de Macandrew.

El número total de corales fósiles enumerados por D'Orbigny en su *Prodromo de Paleontología*, asciende á 1,135 especies agrupadas en 216 géneros; mas á favor de los grandes estudios que han hecho en este ramo de la ciencia Goldfus, Michelin, Lonsdale y Milne Edwards, Hayme, etc., descúbrense continuamente nuevas especies, que no pueden agruparse en los géneros constituidos.

CLASE III—BRIOZOOS

CARACTÉRES.—Tentáculos del pólipo huecos, con bordes ciliados, canal alimenticio con estómago, intestino y ano; el polípero, cuando existe, es externo, córneo ó calizo.

La metamorfósis que sufren los briozoos, se asemejan á las de los pólipos inferiores; el embrion desarrollado dentro del óvulo, consiste en un cuerpo oval, discoideo, ó muy de-



Fig. 4.—CORALES SECUNDARIOS Y TERCIARIOS (*Antozoos*)

1 Turbinolia sulcata, Lam.; Eoceno de Europa
2 Diploctenium lunatum, Brug.; Glesita de Francia
3 Microbacia coronula, Goldf.; Arenisca verde de Europa
4 Aspidiscus cristatus, Lam.; Cretáceo (?) de Argel
5 Cyclolites elliptica, Lam.; Cretáceo de Francia
6 Parasmilia centralis, Mant.; Cretáceo de Inglaterra
7 Pachygyra labyrinthica, Mich.; Cretáceo de Francia
8 Holocystis elegans, Lonsd.; Arenisca verde de la isla de Wight
9 Montlivaltia caryophyllata, Lam.; Grande Oolita de Francia
10 Stylina De la Bechei, M. dw.; Coralrag de Wilts
11 Thecosmilia annularis, Flem.; Coralrag de Wilts

primido, con una superficie ciliada del todo ó en parte, por la que puede el animal moverse un poco cuando queda libre de la madre. Los briozoos son afines á los ascidios compuestos, pero ninguno de los moluscoideos ascidios

abandona el óvulo como una gémula, nadando con el auxilio de los pelos, ni tampoco deja el óvulo ningun briozoo en forma de renacuajo, para nadar con el auxilio de las inflexiones alternadas del apéndice caudal.

Tratándose de un trabajo que tenga por objeto la enseñanza progresiva, el lugar de un grupo transitorio se determina por la conveniencia, ó por consideraciones respecto al modo de poder comparar mejor y seguir mas fácilmente la gradacion. Teniendo en cuenta este principio, ora se considere á los briozoos como radiados de organizacion mas superior, ó como los moluscos mas inferiores, debemos señalarles el lugar que aquí ocupan. El paleontólogo práctico, se ve ciertamente inducido á estudiar los briozoos fósiles juntamente con los corales, aunque solo sea por la dificultad que en muchos casos le ofrece determinar á qué clase de pólipos pertenecen sus ejemplares. D'Orbigny, que fijó mucho su atencion en esta clase, daba mas importancia á la forma, que al agrupamiento de las celdillas. Estas se marcan por poros ó cavidades, cuya variacion sirve en muchos casos para apreciar los mas pequeños grupos naturales; pero los individuos de estos grupos, difieren mucho por la forma general del polípero. El número de las especies extinguidas debe ser muy grande, puesto que los briozoos de la creta, únicos que han sido cuidadosamente examinados, ascienden á 213; mientras que solo se conocen dos especies del triásico, ninguna del liásico, y sólo cinco de las oolitas superiores, tan ricas en corales y esponjas. En el *Curso elemental de Paleontología*, dice D'Orbigny que los briozoos fósiles ascienden á 1,676, distribuidos en 85 géneros.

De los diez y nueve ó veinte géneros paleozóicos, ninguno se extiende hasta el período secundario: pero de los diez y ocho oolíticos, los entalophoros y Defrancias, se aproximan á los terciarios, mientras que los alectos, los idmoneos y las escaras viven aun. Se ha supuesto que los oldamias (fig. 2, 2), que son de los mas antiguos fósiles conocidos, eran briozoos, como sucedió con los graptolites (fig. 2, 3). La forma paleozóica mas comun está representada por las fenestrellas (figura 2, 11), que se asemejan al moderno coral-lazo: cuéntanse 35 especies, distribuidas desde el silúrico inferior al pérmico; una de sus modificaciones se parece por su forma á una pluma (ptilopora, fig. 2, 10), que se encuentra en la caliza carbonífera; otra, mas notable aun, tiene un eje espiral (archimedipora, fig. 2, 9), y se halla en la misma formacion en Kentucky. Uno de los géneros mas antiguos es el denominado ptilodictra (figura 2, 3), del cual se encuentran siete especies en los estratos del silúrico inferior. La caliza silúrica de Dudley está formada por miles de diminutos y delicados fósiles, entre los que se hallan muchos briozoos, algunos de los cuales se extienden como una película sobre otros fósiles, que se han atribuido indudablemente á los modernos géneros discopora y berenicea; otros, que presentan delgadas ramas, rectas ó encorvadas, reciben el nombre de millepora, heteropora y escharina: acaso se debiera agrupar aquí el género coenites (fig. 2, 7). La caliza dolomítica del terreno pérmico contiene grandes y varias especies de los géneros fenestrella, synocladia y phyllophora, y otras dos de los denominados thamniscus y acanthocladia. En las oolitas se ven muchas pequeñas especies incrustadas, atribuidas á las diastóporas, y formas ramosas, como los terebellarias y chrysaoras. En la creta abundan mucho las escharas, apareciendo primeramente los lunulites y capularias. Algunas delgadas capas de la creta inferior se componen casi enteramente de briozoos mezclados con foraminíferos. El crag coralino de Suffolk toma su nombre de la gran abundancia de briozoos que contiene, entre los cuales se consideran como los mas importantes los siguientes: eschara, cællepora, fascicularia, theonoa, hornera, idmonea, flustra y tubulípora.

CLASE IV—EQUINODERMOS

CARACTÉRES.—Animales marinos, comunmente libres y con el tegumento perforado, en los mas, por tentáculos erectiles y tubulares, endurecidos por un depósito reticulado de sales calizas, y en muchos individuos armados de espinas ó púas.

Los radiados fósiles ofrecen una mina de inagotable riqueza para el paleontólogo. De mas difícil estudio que las conchas, y no tan uniformemente representados en todos los horizontes, los restos persistentes de los equinodermos y corales, no tienen en cambio igual por su belleza de forma y estructura, así como por el valor de restos que ofrecen.



Fig. 5.—CRINOIDEOS, BLASTOIDEOS, CISTOIDEOS

1 Sphæronites aurantium, Wahl.; Silúrico de Suecia
2 Pseudocrinus bifasciatus, Pearce; Silúrico de Dudley
3 Pentremites florealis, Say; Carbonífero del Ohio
4 Crotalocrinus rugosus, Mill.; Silúrico de Dudley
5 Poteriocrinus (articulacion del tallo); Carbonífero de Yorkshire
6 Encrinus entrocha; Muschelkalk de Alemania
7 Apiocrinus Parkinsoni, Mill.; Arcilla de Bradford
8 Pentacrinus basaltiformis, Mill.; Lias de Lyme Regis
9 Marsupites ornatus, Mill.; Creta de Sussex

ÓRDEN I—CRINOIDEOS

CARACTÉRES.—Cuerpo con radios ramificados, sostenido, temporal ó permanentemente, sobre un tallo calizo; canal alimenticio con boca y ano dispuestos como en los briozoos.

Los crinoidéos formaban un numeroso é importante grupo en los mares paleozóicos, donde llegaron á su máximo desarrollo por el número y la variedad. D'Orbigny describe treinta y un géneros paleozóicos, dos triásicos, diez oolíticos y cuatro cretáceos. Tres de estos últimos (pentacrinus, Burgueticrinus y comátula) se encuentran en los terrenos terciarios y viven aun. Los crinoidéos difieren de los otros equinodermos por tener los órganos de la generacion combinados con los brazos, terminando en orificios especiales cerca de su base. Casi todos los géneros, excepto las comátulas y marsupites, parecen haberse fijado, bien por la base ensanchada del tronco, como en los apiverinus, ó por apéndices unidos, como en los Burgueticrinus. En muchos casos salen de los lados de la parte inferior del tronco numerosos brazos, semejantes á raíces, que lo solidifican y sirven de apoyo. El tronco es comparativamente corto en el apocrinus de Parkinson; en extremo prolongado en el pentacrinus de Hiemer; redondo en casi todos los crinoidéos paleozóicos; cuando tienen cinco lados, las superficies de las articulaciones son simplemente radiadas. Estas articulaciones están perforadas

en su centro, y cuando se desprenden se las designa con el nombre de estrellitas (fig. 5, 5). En los platicrinus el tallo es comprimido, y las superficies articulares elípticas. En el género pentacrinus, que comienza en el lias, el dibujo de las articulaciones es mas complejo (fig. 5, 8); pero es muy sencillo en los demás géneros modernos. El cuerpo de los crinoidéos se compone de láminas poligonales que forman un cáliz ó copa, cubierta por otras mas pequeñas; la boca es á menudo proboscidiforme; cerca de ella está el orificio anal;

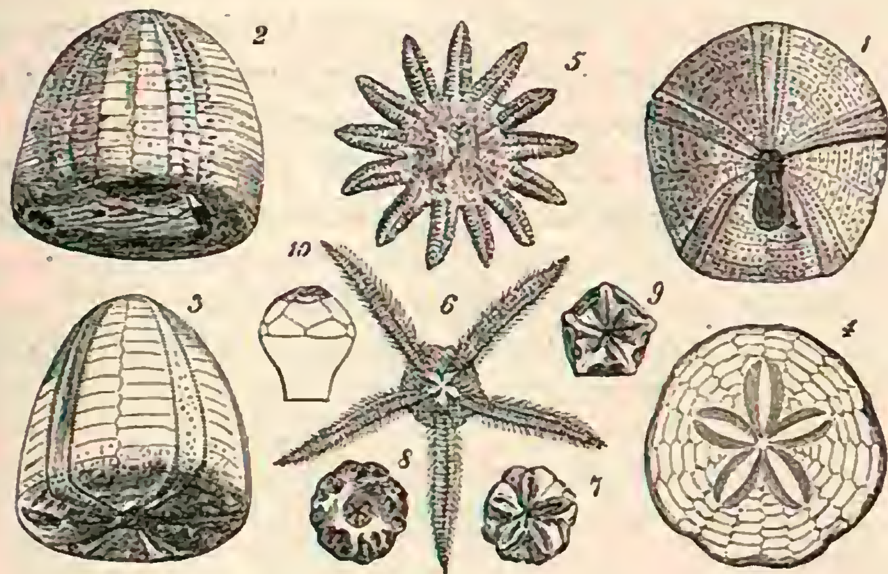


Fig 6—GALERITIDOS, ASTERIDEOS, CRINOIDEOS

1 Pygaster semisulcatus, Ph.; Oolita de Cheltenham
2 Ananchytes ovatus, Lam.; Creta superior de Europa
3 Galerites albogalerus, Lam.; Creta de Kent
4 Scutella subrotunda, Mioceno de Malta
5 Lepidaster Grayi, Forbes; Silúrico de Dudley
6 Protaster Miltoni, Salter; Horizonte de Ludlow, Salop
7 Comatula (Glenotremites), (superficie superior del cuerpo)
8 Comatula (superficie inferior); Creta de Sussex
9 Eugeniacrinus quinquedactylus, Schl.; Oxfordico de Wurtemberg
10 Bourgueticrinus ellipticus, Mill.; Creta de Kent

los cinco brazos que coronan el cáliz son algunas veces casi sencillos, pero provistos de digitaciones finas y articuladas; en otros géneros se dividen repetidas veces; en dos formas notables del silúrico, los antocrinus y crotalocrinus (fig. 5, 4), estas divisiones son en extremo numerosas, y las piezas sucesivas se articulan entre sí lateralmente, formando expansiones análogas por su aspecto al coral fenestrella (fig. 2, 11). Otros notables crinoidéos silúricos pertenecen á los géneros gliptocrinus, eucaliptocrinus, geocrinus y cariocrinus (1); algunos son comunes al silúrico y devónico, como los melocrinus, ciatocrinus y rodocrinus; los dos últimos y los poteriocrinus se extienden hasta el terreno carbonífero. Los cupresocrinus y otros varios son peculiares al devónico; los platicrinus abundan tambien en este y en el carbonífero; muchos géneros, tales como los actinocrinus, Gilbertsocrinus y Woodocrinus, son propios de la caliza carbonífera. El famoso encrinus entrocha (fig. 5, 6) es característico del triásico medio ó muschelkak; el Eugeniacrinus (fig. 6, 9) abunda en las oolitas superiores de Alemania; los apiocrinus, milericrinus y varias formas afines á las comátulas, como los pterocrinus y sasocomos, son tambien particularmente jurásicos. Los marsupites (fig. 5, 9) se encuentran solo en la creta, como los Burgueticrinus (fig. 6, 10) y los cuerpos de las comátulas, que cuando han perdido sus brazos se llaman glenotremites.

ÓRDEN II—CISTOIDEOS

Este órden fué establecido por De Buch para un pequeño grupo de equinodermos paleozóicos últimamente comprendido en los crinoideos. Tienen el cuerpo globular, cubierto de láminas polígonas adheridas, y sostenido comunmente por un tallo articulado y sencillo; frente á su enlace está la boca, que es muy pequeña; junto á ella se ve una pequeña abertura, semejante á un poro generativo, y un poco mas allá hay un orificio mas ancho, cubierto por una pirámide de cinco ó seis pequeñas valvas. Las especies de algunos de los géneros, como el denominado pseudocrinus (fig. 5, 2), tienen dos ó cuatro brazos tentaculíferos, arqueados sobre el cuerpo, que encajan en cavidades, á las cuales están como anquilosados. Otros géneros, como los sphæronites (fig. 5, 1), presentan vagos vestigios de tentáculos, situados cerca de la boca. En los pseudocrinus y otros varios géneros, se observan dos ó tres pares de órganos laminados que se llaman rombos pectineos, y están en los bordes antiguos de ciertas láminas del cuerpo. Supónese que no penetran en el interior, y no se ha conjeturado cuáles puedan ser sus funciones, aunque Forbes indicó que acaso representarian las púas de los equínidos, con cuyo grupo supone que los cistídeos tienen la misma relacion que los crinoideos con las estrellas de mar. Algunos sphæronites del horizonte silúrico de Bala parecen haber quedado libres de sus tallos, adquiriendo la facultad de moverse un poco: los dos géneros agelacrinus y hemicestites, que hasta aquí se han visto sin tallos y fijos en los cuerpos extraños, pertenecen principalmente á las capas silúricas de América. De los géneros conocidos de cistoideos, cuatro existen en el silúrico superior, y otros tantos en el inferior.

ÓRDEN III—BLASTOIDEOS

Háse propuesto un órden separado para otro pequeño grupo de fósiles paleozóicos, cuyo tipo es el pentremites (fig. 5, 3). El cuerpo, globular ó elíptico, se compone de sólidas láminas poligonales, sostenidas por un pequeño tronco unido, con superficies articuladas radiadas y brazos irregulares á los lados. El pequeño orificio bucal se halla en la extremidad, rodeado de otras cinco aberturas, cuatro de las cuales son dobles como oviductos, y la quinta algo mas ancha y anal. Cuéntanse cinco ambulacros petaloideos, de extension variable, que convergen hácia la boca y aparecen asurcados en su centro, ofreciendo estrías trasversales. Segun las observaciones del Dr. Fernando Rœmer, estaban provistos además de numerosos tentáculos muy delgados, que se indican por las líneas de poros marginales. Encuéntrase una especie en el silúrico superior, seis en el devónico y veinticuatro en el carbonífero, que ha recibido el nombre de caliza de pentremites en los Estados-Unidos, á causa de lo mucho que abundan en ella estos fósiles.

Como las estrellas de mar, marchan con la boca hácia abajo, el lado del cuerpo en que aquella se abre recibe el nombre de superficie ventral, y el opuesto se denomina dorsal; los mismos términos son aplicables á las superficies homólogas del disco radiado ó cuerpo globular sostenido por el tallo de los equinodermos, crinoideos, cistoideos y blastoideos.

Despues de los organismos microscópicos y de los pólipos, estos órdenes pedunculados, ya extinguidos, son los que mas intervinieron para modificar la composicion de la corteza terrestre; y pudiera decirse que constituyen algunas de las calizas de los períodos silúrico y carbonífero.

Los principales atributos característicos de los *Crinoideos* paleozóicos consisten en que las articulaciones que se relacionan con los segmentos del tallo irradian por simples estrías, divergiendo del eje central; y en que la porcion dorsal del disco es igual á la ventral, ó mas grande.

(1) Entre los crinoidéos silúricos españoles merece especial mencion el género Pradocrinus dedicado al distinguido geólogo Sr. Prado que lo descubrió por primera vez. *(N. de la D.)*

Los tipos paleozóicos se suceden representados por formas en que la porcion ventral es generalmente de mayor tamaño que la dorsal, que sirve solo como base para el apoyo de los radios que se extienden; mientras que, salvo dos excepciones (apriocrinus y notocrinus), las articulaciones del tronco se solidifican con bordes carenados y floriformes en las facetas de aquellas. El tipo crinoideo continuó estando ricamente representado hasta el lias, pero desde entonces se ha ido perdiendo hasta quedar reducido al solitario pentacrinus y otros pocos que ofrecen remota semejanza con las antiguas formas.

Al trazar la progresion de las afinidades en esta clase, podemos seguir, desde las comátulas existentes, dos direcciones distintas; hácia delante, pasaremos por una sucesion de formas magníficamente graduadas, á los equinos y holotúridos; y hácia atrás, á los marsupites y crinoideos de aspecto de pólipo; pero la serie se completa mejor con las especies extinguidas. El esferonites, en el cual observó el profesor Wyville Thomson brazos crinoideos, y el equinocistites, ofrecen la mas interesante evidencia del tránsito de los crinoideos y cistoideos á los verdaderos erizos de mar.

ÓRDEN IV—ASTEROIDEOS

(ESTRELLAS DE MAR)

CARACTÉRES.—Cuerpo libre, y radiado; tegumento endurecido por piezas calizas y mas ó menos armado de espinas; carencia de aparato dental.

ASTERIDEOS Y OFIURIDEOS.—Las asterias ó estrellas de mar fósiles, aunque menos comunes, están mas extendidas que sus afines los erizos de mar fósiles, pues se encuentran entre las mas primitivas formas orgánicas. Polæaster, protaster (fig. 6, 6) y lepidaster (fig. 6, 5) son asterias silúricas que ofrecen muchas anomalías y apenas tienen semejanza con ninguna de las familias existentes. La especie actual ofiocoma, que se parece mucho al protaster, fué sacada viva del Atlántico del Norte de una profundidad de dos millas. Tropidaster, pleuraster, aspidura, ofiurella, y amphiura son géneros oolíticos; los denominados ophioderma, luidia y astropecten, se extienden desde el lias á los presentes mares; stellaster y arthaster son propios del cretáceo; y ophiura, ophiocoma, astrogonium, oreaster y goniodiscus son ambos cretáceos y existen en la actualidad.

ÓRDEN V—EQUÍNIDOS

(ERIZOS DE MAR)

CARACTÉRES.—Cuerpo libre, esferoideo ó en disco, encerrado en un dermato-esqueleto compuesto de láminas calizas unidas, y armadas de espinas; la boca, situada en la parte inferior, presenta un sistema dentario complejo, comunmente dispuesto de modo que se asemeja á una linterna ó farol.

Los equínidos aparecen primero en la caliza inferior de Ludlow (silúrico superior) y alcanzan su máximo desarrollo en el terreno cretáceo. Las principales láminas conchíferas están dispuestas en series longitudinales, contándose cinco perforadas, ó ambulacrales, que alternan con otras tantas inter-ambulacrales. En todos los equínidos secundarios, y en los mas modernos, cada serie comprende una doble fila de láminas, que son pentagonales; pero en el *Palæodiscus* silúrico y en el echynocistites, las láminas inter-ambulacrales tienen una forma menos definida y se agrupan irregularmente de modo que ocho ó diez pueden extenderse trasversalmente entre los intervalos mas anchos de los ambulacros; esta repeticion de las partes se continúa en el perischodomus y palæchinus (fig. 7, 1) de la caliza carbonífera, en que se ven cinco ó seis series de láminas en las áreas inter-ambulacrales. Del antiguo archæocidaris no se han visto mas que algunas de aquellas desprendidas; y las inter-ambulacrales (fig. 7, 2) á juzgar por su forma de seis lados, parecen haber estado tambien dispuestas en mas de dos series. En el trias superior abundan los equínidos normales del género existente cidaris: algunas de las especies secundarias de estos tienen los poros ambulacrales muy separados (rhabdocidaris), y en otras son dobles las líneas de poros (diplocidaris). El género hemicidaris (fig. 7, 4), que se distingue por los anchos tubérculos espinosos en la parte inferior del ambulacro, se extiende desde el trias hasta la creta. El género diadema, caracterizado por sus uniformes y sólidas espinas, aparece en el lias y se extiende hasta la creta, donde se encuentra el tipo moderno, con sus espinas anilladas y huecas. El equinopsis, muy comun en la creta y en los horizontes mas anti-

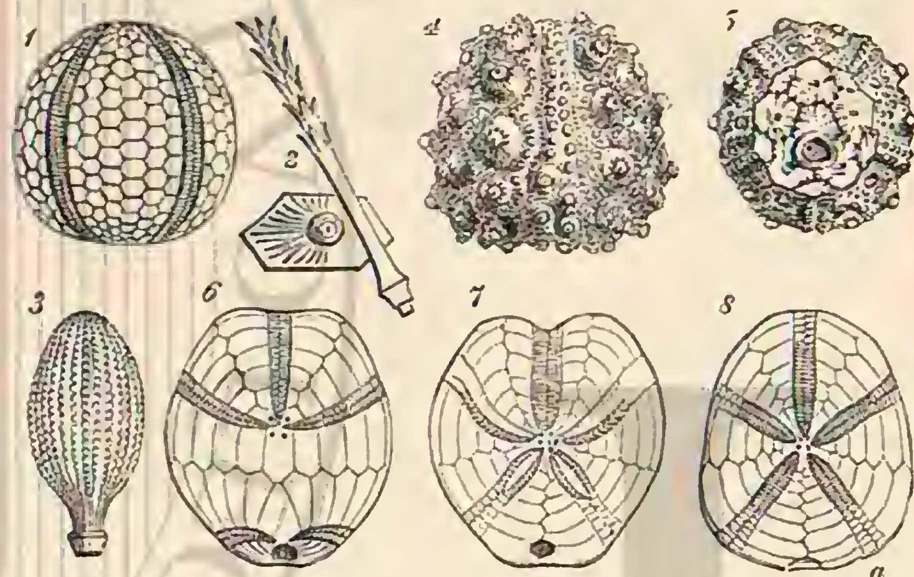


Fig. 7.—EQUINIDOS, ESPATANGIDOS

1 Palæchinus sphæricus, Scouler; Carbonífero de Irlanda
2 Archæocidaris Urii, Flem; Idem de idem
3 Cidaris glandifera, Goldf. (púa de) Jurásico del Monte Carmelo
4 Hemicidaris intermedia, Flem.; Coral comun
5 Salenia petalifera, Desn.; Arenisca verde de Wilts
6 Disaster ringens, Ag.; Oolita inferior de Dorset
7 Hemipneustes Greenovii, Forbes; Arenisca verde de Blackdown
8 Catopygus carinatus, Goldf.; Arenisca de Wilts

guos terciarios, existe igualmente en el lias; el acrosalenia, género característico del jurásico, difiere de la salenia por sus tubérculos perforados; los acrocidaris, heliocidaris, y otros varios sub-géneros, son tambien propios de las oolitas; los glopticus, representados en ellas principalmente, ofrecen una especie en la creta de Ciply; las salenias (fig. 7, 5), notables por su disco ornamental, son esencialmente cretáceas; los géneros arbacia y temnopleurus aparecen primeramente en el eoceno; las cassidulidas comienzan en las oolitas con el pigaster (fig. 6, 1) y el holectypus, abundando en el terreno cretáceo. Los galerites (fig. 6, 3), discoidea, pyrina y casidulus son peculiares de la creta; los clipeastridos están representados en las oolitas por numerosas especies de equinolampus y nucleolites (ó clipeos), alcanzando el último género un gran tamaño. El sub-género catopygus (fig. 7, 8) es propio del terreno cretáceo. Los conoclypeus existen en la creta y en los terrenos terciarios; los clypeaster florecieron mas en el período mioceno, existiendo hoy muchas grandes especies en el sur de Europa, en la isla de Madera y en las Indias Orientales. Numerosos géneros, notables por su forma aplanada, y vulgarmente conocidos con el nombre de erizos tortas, son propios de los terrenos terciarios y mares actuales. El lenita y scutellina son del eoceno, el scutella del mioceno; los denominados mellita y echinarachnius son ambos

fósiles recientes. Los erizos de forma de corazon (spatangidæ) están solo remotamente representados en las oolitas por el género disaster (fig. 7, 6), y son numerosos en la creta, de la cual son tambien peculiares los que se designan con los nombres de micraster, epiaster, hemipneustes (fig. 7, 7), Archiacia, holaster y ananchytes (fig. 6, 2). El género toxaster es característico del neocómico inferior; hemiaster es cretáceo y terciario; spatagus, brissus, amphidotus y schizaster son formas terciarias.

La cubierta de los equinodermos tiene la misma íntima estructura en todos los órdenes y familias, y en todas las partes del dermato-esqueleto, bien sea escudo, espina ó diente; las mas pequeñas placas parecen pedacitos de carton perforado, y las mayores y mas sólidas son una repeticion de tales láminas. En algunas estructuras membranosas se observan las pequeñas espículas, encorvadas y en forma de áncora, siempre compuestas de carbonato de cal; pero á causa de su porosidad, los ejemplares fósiles están comunmente rellenos de tierra, de piritas ó de sílice, no siendo entonces cómoda la investigacion microscópica. Pero sin perder su estructura orgánica, los equinodermos fósiles ofrecen casi siempre una marcada tendencia á la estructura regular, á los cruceros y formas romboédricas del espato calizo, carácter por el cual pueden reconocerse las mas pequeñas piezas dermato-esqueléticas de la estrella de mar ó de los crinoideos. Esta particularidad se observa mas principalmente en las grandes púas de los cidaris, y tambien en el tallo y cáliz del apiocrino de Parkinson.

ORDEN VI—HOLOTÚRIDOS

(COHOMBROS DE MAR)

CARACTÉRES.—Cuerpo vermiforme; tegumento flexible con corpúsculos reticulados y calizos, ó cubierto de pequeñas espículas en forma de áncora.

El órden de los holotúridos apenas ofrece ejemplares en estado fósil, como no sea el género psolus, de cuyo escudo imbricado encontró Mr. Richmond un fragmento en el depósito cuaternario llamado del Norte, en Bute. El conde Munster ha figurado las láminas microscópicas, aparentemente de una holoturia, procedente de la creta de Westminster, y el áncora de un synapta, de una formacion aun mas antigua; á saber: la oolita superior de Baviera. Los micrógrafos encontrarán sin duda muchas láminas análogas desprendidas, así como espinas, cuando busquen policistinos y otros rizópodos en los terrenos oolítico y cretáceo; pero es dudoso que el órden date de una época mas remota.

TIPO TERCERO—ARTICULADOS

En la gran division de los animales invertebrados, que llaman articulados, el cerebro afecta la forma de un anillo que rodea el cuello; un doble gánglio existente sobre el tubo digestivo suple los principales órganos de los sentidos; del gánglio inferior se extienden dos cordones á lo largo de la superficie ventral del abdómen, que en las mas de las especies están unidos á ciertas distancias por dobles gánglios; con estos se relacionan los nervios que hacen las veces de los segmentos y sus apéndices. El cuerpo presenta una figura simétrica correspondiente. El esqueleto es externo (dermato-esqueleto) y consiste en segmentos articulados, de una forma mas ó menos anular; las extremidades en las especies que los poseen, son de condicion análoga á la de las partes duras, que ofrecen la figura de un estuche donde se encierran los músculos; las maxilas, cuando existen, son laterales y se mueven á derecha é izquierda.

La lombriz, la langosta, el escorpion y el escarabajo representan hoy á los articulados, muy bien representados entre las reliquias del mundo primitivo. Los delicados tegumentos, endurecidos á menudo por la interposicion de sustancias térreas, son tan susceptibles de conservacion como las conchas de los moluscos, y encuéntranse sus restos en todos los depósitos acuáticos; pero su organizacion compleja, que en el estado reciente se presta de una manera tan admirable á las comparaciones genéricas y específicas, es perjudicial para su completa conservacion, hasta el punto que los ejemplares fósiles se hallan con frecuencia tan fragmentados, que apenas puede determinarse mas que la clase y la familia.

Las mas antiguas rocas fosilíferas presentan impresiones que se han considerado como las huellas y viviendas de las lombrices marinas; y con ellas se han hallado crustáceos de la division inferior y de un grupo que se ha extinguido del todo. En formaciones algo mas modernas aparecen los filópodos, los copepodos y otros órdenes existentes de los entomostráceos. En los terrenos carbonífero y pérmico, se han visto solo algunas vagas formas, que muy dudosamente se han atribuido á la division superior de los malacostráceos; los secundarios contienen abundantes restos de isópodos, de langostas y de cangrejos. Los braquiuros, escasos en las mas recientes rocas secundarias, abundan en los mas antiguos terrenos terciarios. Los insectos que respiran el aire libre y los arágnidos existieron en el período paleozóico: el profundo silencio de los bosques carboníferos no dejaba de interrumpirse por el zumbido de los insectos ni estos eran ciegos, como los que ahora habitan en las vastas cavernas de Kentucky y de Carniola. Los articulados que se presentan despues, son los cirrípedos, cuyas familias inferiores aparecen en el lias; mientras que los balánidos se encuentran solo en los terrenos terciarios.

El número de articulados fósiles que figuran en catálogo, y se han descrito, constituyen solo una pequeña parte de los que probablemente existieron. Bronn enumera 1,551 insectos fósiles: 131 arágnidos, 894 crustáceos y 292 anélidos. Darwin describe 69 cirrípedos fósiles, 12 de los cuales están representados por especies vivas.

CLASE I—ANÉLIDOS

(LOMBRICES, NEREIDOS)

CARACTÉRES.—Cuerpo blando, simétrico, vermiforme y anillado, con chupadores ó piés setíferos; sangre roja en la mayoría de los casos.

Ciertas diminutas cavidades de anélidos, observadas en las rocas pizarrosas de Bry Head y Wicklow, se designaron con el nombre de histioderma; pero las señales particulares que hay en la superficie de aquellas y de otras rocas cámbricas, como por ejemplo, la del arenícola didyma, de Longmynds Shropshire, y del scolithus linearis, de la arenisca silúrica de Postdam, que se consideran como las mas primitivas indicaciones de la existencia de las lombrices marinas, no dejan de ofrecer dudas respecto á su orígen. Las llamadas nereites ofrecen notable semejanza con otras impresiones igualmente antiguas, que se describieron como zoófitos bajo el nombre de protovirgularia (fig. 3, 1). No ocurren tales dudas respecto á los vestigios de lombrices que abundan en las delgadas capas jurásicas medias, pues los cololites de la caliza litográfica son muy probablemente impresiones de dichos anélidos. En el silúrico superior y en el carbonífero, se encuentran largos tubos calizos que han recibido el nom-

bre de serpulites; pero los que se ven en las rocas de cuarzo de Sutherland, son relativamente de mayor tamaño. El género microconchus, del período carbonífero, se considera ahora como un anélido; en todas las mas recientes formaciones abundan los anélidos tubícolas, particularmente de los géneros serpula, spirorbis y vermilia; algunos de estos, aunque enlazados, son tan regulares en su crecimiento, que se les designó comunmente con el nombre de vermeti; pero ahora figuran en el género vermicularia. Entre los fósiles problemá-

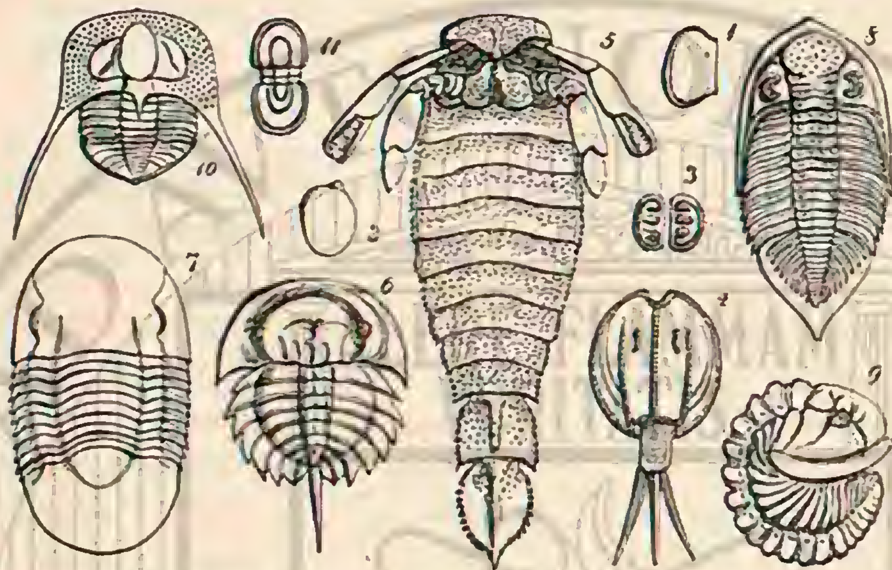


Fig. 8.—ENTOMOSTRÁCEOS PALEOZÓICOS

1 Leperditia Baltica, Wahl.; Silúrico de Gothland
2 Entomoconchus Scouleri, M'C.; Carbonífero de Irlanda
3 Beyrichia complicata, Salter; Silúrico de Gales
4 Dithyrocaris Scouleri, M'C.; Carbonífero de Irlanda
5 Pterygotus anglicus, Ag.; Devónico de Sudlow
6 Bellinurus bellulus, Konig.; Carbonífero de Coalbrookdale
7 Illænus Davisii, Salter; Silúrico de Bala
8 Phacops caudatus, Brun.; Idem de Dudley
9 Calymene Blumenbachii, Br.; Idem de idem
10 Trinucleus ornatus, Sternb.; Idem de Bretaña
11 Agnostus trinodus, Salter; Idem de idem

ticos del período paleozóico, encuéntranse dos que se supone sean anélidos, como por ejemplo, el tentaculites (fig. 9, 7), que era aparentemente libre, y casi siempre regular en su crecimiento, y el conulites (fig. 9, 8), que cuando jóven se encuentra fijo, aislado ó en grupos, en las conchas y zoófitos silúricos; la estructura de su cubierta es vesicular, y la cavidad se asemeja á una serie de conos invertidos. Los ditrupa, no fijos, aparecen en la creta superior y abundan en la arcilla y el crag de Lóndres.

CLASE II—CIRRÍPEDOS

CARACTÉRES.—Cuerpo sub-articulado, en su mayor parte simétrico, con antenas abortadas y ojos; tórax fijo á la superficie externa del caparazon, con seis pares de extremidades multiarticuladas y setíferas; metamorfósis resultante de la adherencia permanente y parasítica de la hembra del todo desarrollada en un cuerpo extraño.

Los cirrípedos fósiles corresponden principalmente á la division de los sentados, y ofrecen las formas ordinarias de los balánidos existentes. Escasean en el eoceno terciario, pero son mas abundantes despues. El balanus porcatus alcanza un gran tamaño en los lechos del drift; cuando está desprendida su gran lámina basilar, constituye un fósil muy dudoso, que ha sido orígen de no pocas equivocaciones. En la division media del crag, donde se han recogido tantos huesos de cetáceos, se ha encontrado una coronula; y en los depósitos mas antiguos se hallan restos de cirrípedos pedunculados, aun cuando por lo regular escasos y rotos. Algunas especies de pollícipes encuéntranse adheridas á los troncos que suelen existir en el drift, perforados los individuos por bivalvas en el lias; otras en la arcilla de Oxford, fijas por grupos en las conchas de los ammonites, que probablemente flotaron en el mar despues de morir (1). La creta ofrece tambien muchos pollícipes y scalpellum, una especie del género anómalo verruca, y el lorícula (fig. 9, 6), único extinguido de los cirrípedos. Este notable fósil se encuentra fijo en los ammonites, pero solo se deja ver uno de sus lados en todos los ejemplares encontrados. Por su desarrollo irregular, y la imbricacion de sus valvas, se asemeja mas á la verruca que ningun otro cirrípedo. En los mares cretáceos alcanzaron los lepadidos su máximo desarrollo, contándose entonces tres géneros, y treinta y dos especies por lo menos; mientras que en la actualidad, el archipiélago filipino, que es el mas rico en estos séres, no contiene sino cinco especies.

CLASE III—CRUSTACEOS

CARACTÉRES.—Cuerpo y extremidades articuladas; cabeza provista de antenas; órganos respiratorios branquiales; sexos distintos; metamorfósis en la mayoría de los casos, aunque nunca en los individuos fijos.

SUB-CLASE I—ENTOMOSTRACEOS

CARACTÉRES.—Cuerpo formado de segmentos en número de catorce, á veces mas, y tambien menos; dermatoesqueleto córneo ó pétreo, imitando en algunas especies una concha bivalva; ojos sentados.

En todos los terrenos se encuentran pequeños crustáceos, entomostráceos bivalvos, que alcanzan el máximum de su tamaño en las mas antiguas rocas; en las arcillas pizarrosas del horizonte weáldico existen diminutos ostracodos, afines de los modernos cypris (fig. 9, 5), mientras que los citéridos marinos aparecen en cantidades ó número considerable en la creta. Entre los filópodos, las asterias cubren las capas del horizonte weáldico y el del keuper con una infinidad de conchas bivalvas, confundidas de ordinario con los cyclas y posidonomyas; tambien abundan en las capas del devónico medio. Los entomoconchus globulares (fig. 8, 2) se encuentran en la caliza carbonífera; los leperditia (fig. 8, 1), en las rocas silúricas del norte; las Beyrichia (fig. 8, 3), característicos del silúrico, se distinguen de las formas de los trilobites jóvenes por la falta de simetría de sus valvas separadas. Otros filópodos paleozóicos (ceratiocaris é hymenocaris), relacionados con las recientes nebalia, que tienen una cola muy marcada, se encuentran en el silúrico superior é inferior; el género leptocheles se fundó con las espinas de la cola de estos crustáceos. El dithyrocaris (fig. 8, 4), que se parece al moderno apus por el aplanamiento horizontal de su caparazon, existe en la caliza carbonífera. El horizonte carbonífero llamado coal measures (medida de carbon), contiene tambien en sus nódulos de hierro arcilloso numerosos ejemplares del bellinurus (fig. 8, 6), pequeño pecilópodo que difiere del limulus actual por la movilidad de los segmentos del cuerpo; los crustáceos paleozóicos mas extraordinarios son los conocidos con los nombres de eurypterus, himantopterus y pterygotus (fig. 8, 5), del silúrico superior, de los cuales se contaban algunos que excedian mucho en tamaño á las mayores langostas de hoy dia. Se han considerado como una familia extinguida, afine de los limulus, ó como los representantes de ciertos malacostráceos; pero los siguientes caractéres demuestran su mayor analogía con los ostracodos. El caparazon es relativamente pequeño, los ojos

(1) Es opinion muy generalizada hoy entre los paleontólogos de mas nota, que los restos llamados *Aptychus*, considerados antes como cirrípedos, no son sino como especies de opérculos de diversos ammonites.

compuestos en los bordes antero-laterales, los segmentos del cuerpo, en número de once ó doce, carecen de apéndices, y terminan por una cola aguda ó bilobada. El eurypterus tiene ocho piés; los otros tres pares de extremidades, que son las antenas, los piés maxilas y las nadaderas, con sus paletas en forma de aletas, que parten del lado inferior del céfalo-torax. La superficie del cuerpo y las extremidades presentan á menudo un dibujo imbricado particular, que fué causa de que en otro tiempo considerara Agassiz á estos fósiles como peces. Supónese que el pterygotus problematicus alcanzó siete piés de largo, teniendo algunos de los otros una vara. Unos crustáceos de tales dimensiones pudieron haber formado en el lecho del mar impresiones semejantes á las llamadas «protichnites» que describiremos despues, y que se observan en el sandstone de América.

ÓRDEN DE LOS TRILOBITES

CARACTÉRES. — Segmentos del tronco trilobados; ojos sentados y compuestos por lo regular; extremidades abortadas.

La gran familia de los trilobites está enteramente confinada á la edad paleozóica; no se encuentra ninguno en los horizontes superiores al terreno pérmico. Se han descrito unas 400 especies, agrupadas en 50 géneros, contándose entre ellas 46 silúricas, 22 devónicas y 4 carboníferas. Segun Bronn, 13 géneros son peculiares del silúrico inferior, 3 del superior, 1 del devónico y 3 carboníferos.

El dermato esqueleto de los trilobites consta del escudo cefálico, de un número variable de anillos ó segmentos del tronco, y del pigidio ó cola compuesta de articulaciones mas ó menos anquilosadas. En algunas especies se ha descubierto un labro ó hipostomo; pero jamás vestigios de antenas ó extremidades, aunque no cabe duda que debieron hallarse dotadas de la facultad locomotiva. Ciertas diferencias en la longitud de las espinas cefálicas y caudales, como las que ofrecen el asaphus caudatus y el as. longicaudatus, y las que se notan en la protuberancia de los lóbulos de la cabeza, fueron consideradas como señales de la diferencia de sexo. Una de las mas antiguas y sencillas formas está representada por el diminuto agnostus (fig. 8, 11), que suele encontrarse en escaso número y representado casi siempre por el escudo cefálico. Segun las observaciones de Mr. Barrande, el género sao pasa por veinte fases de crecimiento: primeramente es un sencillo disco, y presenta por último diez y siete segmentos torácicos libres, con los adicionales desarrollados entre el tórax y el abdómen, y dos articulaciones caudales. El trinúcleo adornado (fig. 8, 10) y el illœnus (fig. 8, 7), que tiene la trilobacion menos marcada que en los mas de los géneros, son característicos del horizonte silúrico inferior; otros dos, de la caliza de Wenlokc, fueron celebrados largo tiempo; son la calymene (fig. 8, 9) ó trilobites de Dudley, arrollado y muy compacto, y el asaphus (ó phacops) caudatus (fig. 8, 8), que con frecuencia tiene la parte cristalina de sus grandes ojos bastante bien conservada y visible á la simple vista. Cada ojo presenta por lo menos cuatrocientas facetas, y en el gran asaphus tyrannus se calcula que hay al menos 6,000. En una especie (asaphus kowalewskii), los ojos están sostenidos en pediculitos. El mayor trilobites es el asaphus gigas; algunos de los fragmentos indican un animal de diez y ocho pulgadas de largo.

SUB-CLASE II—MALACOSTRACEOS

Cuerpo dividido en tórax y abdómen, con siete segmentos en cada uno.

Los isópodos están representados en la oolita superior por el archœoniscus Brodipi, que aparecen en gran número en los bancos de caliza de Purbeck, y en el terreno pérmico por el prosoponiscus. El problemático pigocéfalus y el apus dubius, ambos del carbonífero, corresponden, aunque dudosamente, á los estomópodos, y exceptuando el gitocrangou de Ritcher, son los mas antiguos decápodos de ojos pedunculados que se han conocido hasta aquí.

Los crustáceos macruros se encuentran constantemente en las oolitas y en el terreno cretáceo. Una de las formas mas notables, eryon (fig. 9, 3), se halla en el lias (con sus muy afines tropifer y coleia), é igualmente en la arcilla de Oxford. Las pequeñas langostas del género glyphea, que existen en las oolitas, y el Meyeria en la arcilla de Speetow y la arenisca verde, constituyen por lo regular el núcleo de los nódulos de fosfato de cal. Las mayores especies de la creta constituyen el género enoploclytia. La caliza oxfórdica de Solenhofen, con sus hojas litográficas finamente laminadas, se abre como un libro, lleno de pequeños mariscos y langostas, comprimidas y admirablemente conservadas. Una de ellas, notable por sus delgados y largos brazos (megachirus, fig. 9, 4), se encuentra tambien en la arcilla de Oxford, en Wiltshire. Uno de los mas ricos depósitos de crustáceos fósiles es la isla de Sheepy, donde la arcilla de Lóndres ha ofrecido innumerables ejemplares de la division mejor organizada, incluso nueve braquiuros, tres anomuros y cinco especies de macruros. La isla de Hainan, en la costa de China, contiene numerosos cangrejos fósiles del género macropthalma, que se venden en las droguerías de Shangai. Otros se encuentran en el mioceno de Malta y la isla de Perim, en el Mar Rojo. Ya no ofrece duda la existencia de braquiuros secundarios: el pequeño etyus Martini (ó Reussia), es de la marga azul; el platypodia Oweni, de la creta blanca de Sussex; el Reussia granosa, de la arenisca verde superior de Cambridge; el stephanometopon, de la creta de Maestricht; el cáncer scrobiculatus y el gliphithyreus formosus, son del cretáceo de Meklemburgo.

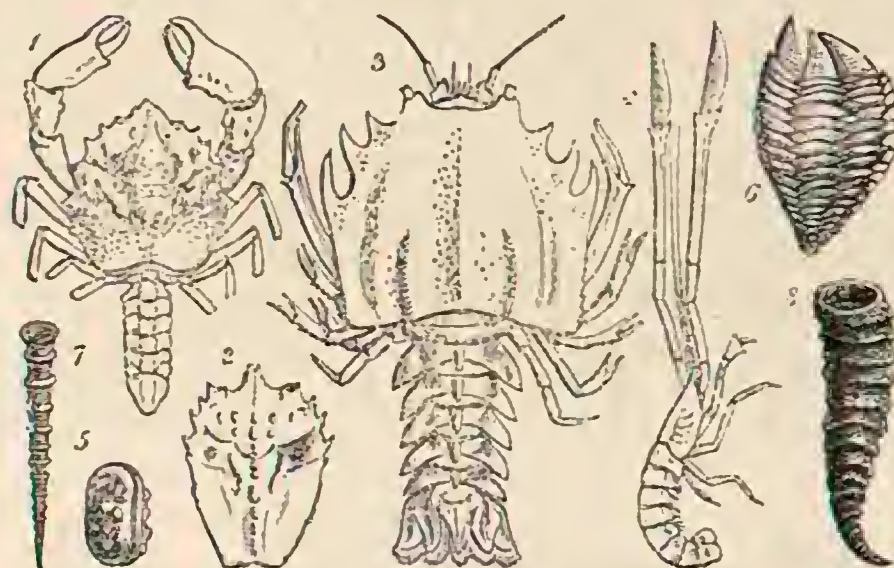


Fig. 9.—CRUSTÁCEOS, ANÉLIDOS

1 Dromilites Lamarckii, Desm.; Arcilla de Lóndres, Sheppy
2 Notopocorystes Stokesii, Mant.; Marga de Folkestone
3 Eryon arctiformis, Schl.; Oxfórdico de Solenhofen
4 Megachirus locusta, Germar.; Oxfórdico de Solenhofen
5 Cypridea tuberculata, Sby.; Wealdico de Sussex
6 Loricula pulchella, G. B. Sby.; Creta de Sussex
7 Tentaculites ornatus, J. Sby.; Silúrico de Dudley
8 Cornulites serpularius, Schl.; Silúrico de Dudley

El anomurus dramiopsis se encuentra en la creta de Faxoe, donde se hallaron cuatro especies. La clytia Leachii, del período cretáceo, fué perfectamente reconstruido por Reuss. En la marga azul existen pequeños crustáceos que se asemejan por su forma á los corystes vivos (fig. 9, 2); pero se sabe que son anomuros, por su reducido tamaño, la posicion dorsal de las patas posteriores, y las pequeñas placas

intercaladas entre las últimas articulaciones de la cola, segun se ve en el dromilites (fig. 9, 1), de la arcilla de Lóndres.

CLASE IV—INSECTOS

CARACTÉRES.—Cuerpo articulado, lo mismo que las extremidades; cabeza provista de antenas articuladas; respiracion por tráqueas.

Los insectos fósiles hasta el presente encontrados no ofrecen formas ó tipos de particular interés. Los mas antiguamente conocidos se parecen á los curculiónidos y blatidos, ó locustidos de la actualidad. En las calizas del liásico se ha descubierto una gran variedad, gracias á la perseverancia de Mr. Brodie: cuéntanse especies de los géneros berusos, elater, gyrinus, laccophilus y melolontha; géneros indeterminados de las familias de carábidos, buprestidos, crisomelidos, y teleforidos; insectos del género orhophlebia, análogos á los panorpas; otros pertenecientes á los nepadæ, cimicidæ y cicada; y el género asilus de los dípteros. En el período siguiente figura el depósito de insectos de la caliza pizarreña de Stonesfield, donde se encuentran las cubiertas de las alas del buprestis Bucklandii, de las especies de prionus y coccinella, y el gran neuroptero hemerobioides. En la caliza de Purbeck se han hallado además especies de cerylon, corimbetes, cyphon, helophorus y limnius, así como ejemplares de estafilinidos, cantarididos, harpálidos, hidrofilidos, tenebriónidos, libelúlidos, friganeos, blasidos, afis, cercopis, y otros homópteros, y diez géneros de dípteros. En el plioceno mas moderno se ha descubierto el reciente copris lunaris, y los elitros de los donacia y harpalus. Las principales localidades de insectos fósiles, son las calizas pizarrosas litográficas de Solenhofen, los depósitos terciarios de Aix, en Provenza, y Œningen, cerca de Constanza, en el Rhin. Dícese que se han encontrado en el Jura inferior restos de especies de tineas y esfinges, y un lepidóptero diurno en la Molasa. Del verdadero ámbar se han obtenido numerosos ejemplares de insectos; todos ellos son desconocidos de los entomólogos, y probablemente son especies extinguidas. Se ha indicado por Mr. Wood que los insectos del liásico tienen un carácter sub-alpino, y podrian haber sido arrastrados por los torrentes desde una region mas elevada; pero no se ha tratado hasta el presente de probar si estos ú otros insectos fósiles se asemejan á los de cualquier grupo zoológico particular de hoy dia.

CLASE V—MIRIÁPODOS

De los miriápodos se han hallado veinte especies fósiles, que comienzan en el sistema carbonífero; el género xilobius, afine del julus, ha dejado restos en el interior de un árbol fósil (sigilaria), en la formacion carbonífera de Nueva Escocia.

CLASE VI—ARÁGNIDOS

De los arágnidos figuran en catálogo ciento treinta y una especies, entre las cuales se considera como la mas primitiva é interesante el escorpion fósil (cyclopthalmus senior), del carbonífero de Bohemia. Las avispas fósiles se encuentran en las calizas jurásicas de Solenhofen, y en las margas terciarias de Aix.

TIPO CUARTO—MOLUSCOS

Los restos de los testáceos, ó moluscos de concha, constituyen los mas comunes de todos los fósiles, ofreciendo la serie mas completa de signos característicos para identificar los estratos. Por regla general, la duracion de los tipos y de las especies está en proporcion inversa del rango que ocupan en la serie; los fósiles de mas elevada organizacion ocupan el término inferior, indicando con la mayor exactitud la edad del depósito de donde proceden; pero si la evidencia que ofrecen las conchas es menos precisa, se obtiene en cambio mas fácil y constantemente, y consérvanse en mayores extensiones de terreno.

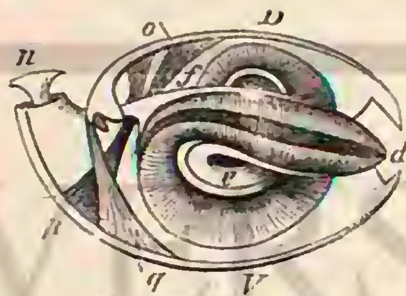


Fig. 10.—WALDHEIMIA FLAVESCENS

Los moluscos son animales invertebrados blandos, cuyo sistema nervioso se compone de varios ganglios diseminados en distintas partes del cuerpo, hallándose los mas voluminosos situados sobre el esófago; la forma de aquel no es simétrica en la mayoría de los casos. Unicamente en una clase, la de los cefalópodos, parten los músculos de un esqueleto cartilaginoso y rudimentario; en las demás están fijos en la piel ó adheridos á la sustancia caliza en ella desarrollada. La sangre no es roja, sino incolora por lo regular; el corazon consiste en un órgano muscular que hace correr la sangre por un sistema de arterias y venas, afectando estas últimas mas ó menos la forma de sinuosidades; el aparato respiratorio, bien contenga branquias ó esté organizado como un pulmon, se abre cerca del ano, encorvándose los intestinos comunmente hácia delante para presentar esta disposicion. Tal es el grado de organismo de que han presentado restos las rocas de Llandeilo en el sistema silúrico inferior; los fósiles consisten en conchas, que protegen á los mas de los moluscos, y están endurecidas principalmente por el carbonato de cal, constando muchas de una ó dos piezas llamadas valvas.

CLASE I—BRAQUIÓPODOS

Los moluscos de esta clase llámanse así, porque las principales partes movibles y prensiles (fig. 10, *d, f*) se asemejan á los brazos de algunos pólipos; están dispuestos en espiral; son ciliados, y pueden considerarse como análogos á los de los briozoos. Las partes blandas están protegidas por una concha compuesta de dos valvas (*ib. D*), una de ellas aplicada á la superficie y la otra (*V*) á la ventral; esta última tiene una especie de pico abierto ó perforado, por el cual pasa, en la mayoría de los individuos, un pedúnculo (*n*) que sirve al animal para fijarse en algun cuerpo extraño. Existen varios músculos (*o, p, q*) para abrir y cerrar la concha; esta última afecta mas ó menos la forma de una antigua lámpara romana en las especies del primer órden de la clase (arthropomata), que se caracterizan además por tener las valvas articuladas entre sí.

Estas últimas conchas han sufrido mas que las de ningun otro grupo por la accion del tiempo: de 1,300 especies co-

nocidas, solo existen 75; y de 34 géneros, se han extinguido 21. El número de formas genéricas es mayor en el período devónico, y mas reducido en las oolitas superiores, despues de lo cual aparece gradualmente una segunda serie de tipos nuevos. El predominio de los braquiópodos fósiles contrasta con la escasez de las recientes conchas, mas aun por la abundancia de individuos que por el número de especies, pues las conchas que existen habitan sobre todo en las profundidades de las aguas, ó en rocas inaccesibles para el pescador, obteniéndose por lo tanto raras veces un gran número.

El género terebratula, reducido como está ahora á conchas de una corta abertura interna, comprende unas cien especies fósiles, de las cuales solo sobrevive una (T. vítrea), que se encuentra en la provincia lusitana. Las Waldheimias ó terebratulas de ancha abertura (fig. 10) están distribuidas extensamente en los mares de hoy dia, aunque solo se conocen nueve especies vivas; los individuos de una ó mas de estas se hallan en la costa de Spitzberg, en Labrador, en el Cabo de Hornos; y mas abundantemente en la Nueva Gales del Sur y en Nueva Zelanda: cuéntanse sesenta especies especies fósiles, que datan del triásico. Las terebratelas, que tienen la abertura en la línea media, comenzaron en el lias; hállanse en corto número en los períodos cretáceo y terciario, y son las únicas que alcanzan su mayor desarrollo en los recientes mares. Cinco especies del género argiope se hallan en la arenisca verde, en la creta y en los terciarios; el género afine thecidium está representado por una en el carbonífero, y por otra en el terreno triásico; es comparativamente comun en el período secundario, y se reduce otra vez á una sola especie en el terciario mas moderno; esta especie sobrevive en mas estrechos límites en el Mediterráneo. El sub-género terebratulina está representado por veinte especies en los terrenos secundario y terciario: la T. striata de la creta se asemeja tanto al T. caput serpentis, que dificilmente se distingue de ella. Al terreno cretáceo corresponden varios sub-géneros extinguidos, entre los cuales figuran como mas notables los conocidos con los nombres de trigonosemus (fig. 11, 1), y lyra, que afectan la figura de un violin. Los stringocephalus (fig. 11, 2) son propios del terreno devónico, y presentan una ancha abertura interna, con apéndices muy prominentes en la extremidad.

La concha de la terebratula, y algunas de sus afines (argiope, thecidium, cyrtia y spiriferina) está provista de pequeños orificios dispuestos en tresbolillo, visibles á veces sin auxilio de instrumento, como se observa en la especie T. lima, aunque por regla general se necesita el microscopio; en la T. carnea los orificios son mas pequeños.

Las conchas-lámparas, con picos agudos y valvas planas, fueron separadas de las terebratulas, dándoselas el nombre de rinchonelas: sus conchas, examinadas con la lente, no ofrecen la estructura punteada, ni tienen armadura interior para sostener los brazos, que en las especies recientes se levantan en espiral, dirigiéndose hácia la cavidad de la valva mas pequeña, como las espiras de la extinguida especie atrypa (fig. 11, 7). De las tres especies de rinchonela existentes, una se encuentra en los mares árticos, y las otras dos en Nueva Zelanda; las fósiles exceden de doscientas cincuenta diseminadas en todas las partes del mundo; las del período paleozóico pueden ser distintas de las demás, puesto que se sabe que las especies pérmicas están provistas de anchos apéndices internos. Las especies del extinguido género atrypa, difieren solo de las rinchonelas por tener espiras calizas, que se conservan en muchos casos, y pueden reconocerse hasta cierto punto por la aplicacion del ácido. El interior de la valva presenta espacios ovarios y vasculares, exactamente lo mismo que en las rinchonelas. En el terreno silúrico inferior existe otro género, denominado porambonites, imperfectamente conocido, pero cuyas valvas se marcan en la parte exterior por puntos impresos, que no son perforaciones. El género pentamerus se encuentra en todos los estratos inferiores de la caliza carbonífera, y es notable por sus grandes hendiduras internas, que dividen la concha por el centro, formando incisiones profundas en los moldes internos, tan comunes en la arenisca de Caradoc (fig. 11, 8).

Los extinguidos espiriferidos constituyen una familia caracterizada por las espiras calizas internas, que se extienden desde el centro de la concha hácia el exterior (fig. 11, 3); estas espiras son con frecuencia cuarzosas, y se pueden desprender de la matriz por la accion del ácido. En otros casos está impregnada la concha de marga blanda, fácil de quitar por medio del lavado; y entonces se ven las láminas calizas de la espira franjeadas como de pelos, que servian antes de apoyo á los cirros. En el género spirífera presenta la concha una larga línea recta, y el área aplanada de la valva mas ancha tiene una abertura deltoidea. Las especies típicas son del período paleozóico, y ofrecen mucha semejanza de estructura con la de las rinchonelas. Las especies liásicas (spiriferina de Orb.) ofrecen conchas punteadas, y la abertura

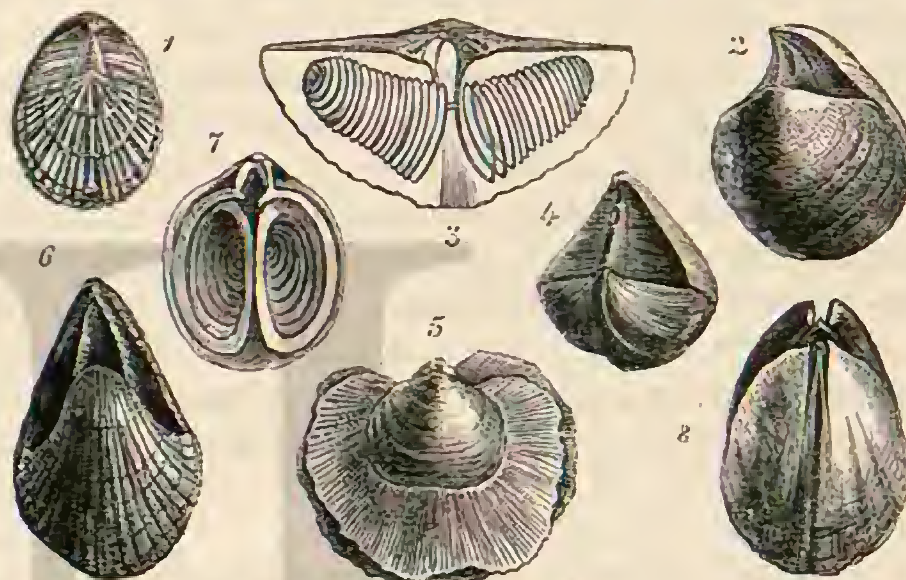


Fig. 11.—BRAQUIÓPODOS

1 Trigonosemus Palissyi, Woodw.; Cretáceo de Ciply
2 Stringocephalus Burtini, Defr.; Devónico de Eifel
3 Spirifera striata; Carbonífero de Bretaña
4 Cyrtia trapezoidalis; Silúrico de Dudley
5 Athyris Roissyi, Ler.; Carbonífero de Irlanda
6 Uncites gryphus, Schl.; Devónico de Bélgica
7 Atrypa reticularis; Silúrico de Malvern
8 Pentamerus lævis; Caradoc de Salop

está cerrada, al menos en el individuo adulto, por una delgada placa arqueada ó seudo-deltidio. En el sub-género cyrtia (fig. 11, 4) el área de la charnela es tan larga como ancha, y el deltidio está perforado en el centro por un tubo; algunas de las especies tienen la concha punteada. Las especies del género athyris (Dalman), que no se distinguen siempre fácilmente de las terebratulas, suelen tener una concha suave y redondeada, adornada de láminas concéntricas ó de expansiones aliformes (fig. 11, 5); el ápice está truncado, y el ala de la charnela es lisa. Cuéntanse veinticinco especies, la mayor parte procedentes del devónico y carbonífero. Las especies del género Retzia se asemejan aun mas á las terebratulas plegadas, pero tienen espiras laterales: se extienden desde el terreno silúrico al triásico. El uncites gryphus (figura 11, 6) es un fósil especial devónico que tiene un ápice prominente, perforado en la concha del individuo jóven.

La familia de las ortidas se compone de conchas que presentan una hendidura central en cada valva; la ventral está provista de dientecitos y la dorsal de apéndices para el apoyo de los brazos, que parecen haber sido horizontalmente espirales como en las especies del género atrypa. Entre los

apéndices bucales hay una proyeccion central para la insercion de los principales músculos. El molde interno del orthis (fig. 12, 1) presenta en el lado ventral la simple adherencia de los músculos adductores en el centro, y á cada lado los músculos cardinales; estos últimos están rodeados por los espacios ovarios punteados y de las impresiones de un ancho seno paleal. El género orthis comprende cien especies que se extienden hasta mas arriba del terreno pérmico, aunque abundan sobre todo en las rocas silúricas; algunas de las del silúrico inferior presentan un agujero redondeado en el seudo-deltidio, y reciben el nombre de orthisina. Otras especies de las rocas superiores paleozóicas presentan el ápice retorcido ó deforme, lo cual se debe probablemente á la fijacion de la concha cuando jóven. En las strophomena (fig. 12, 3) obsérvase un pequeño agujero, del que no queda vestigio en el individuo adulto, y la escotadura deltoidea está igualmente cerrada, excepto en el espacio necesario para recibir los apéndices divididos de la valva dorsal. Las conchas jóvenes son plano-convexas; pero cuando alcanzan cierto tamaño, las valvas se arquean en un lado ú otro, mas ó menos bruscamente.

El género Davidsonia (fig. 12, 2), peculiar de las calizas devónicas, se asemeja á los orthis fijos á los corales, como los thecidium, por la valva central; algunas veces adquieren la figura del cuerpo en que han crecido, como las ostras y las anomias. La impresion paleal es semejante á la de los orthis, y la forma de los brazos espirales está indicada por prominencias que casi llenan el interior de la concha en los ejemplares de cierta edad. Se han reconocido algunos vestigios de delgadas espiras calizas para el apoyo de los brazos en las especies de este género, particularmente en la denominada Koninckia, pequeña concha del triásico de San Casiano, en la cual existen siempre canales ó cavidades en espiral en el interior de las valvas, cruzadas por impresiones seno del paleal.

El fósil anómalo llamado calceola sandalina (fig. 12, 6) es tambien peculiar de las calizas devónicas: por su figura se asemeja á la cyrtia; pero no tiene charnela ni apéndices internos, como no sea una serie de pequeñas proyecciones á lo largo de la línea de aquella; el interior presenta puntos y estrías; pero no se ven señales de músculos.

Los productidos son tambien fósiles paleozóicos, muy abundantes en las calizas carboníferas; tienen las valvas cóncavo-convexas; la línea de la charnela es recta; en el interior se distinguen simples espacios vasculares, y evidentes impresiones de los músculos destinados á cerrar y abrir las valvas. Cuéntanse sesenta especies de productus, que se encuentran en las rocas paleozóicas superiores, hallándose esparcidas en la América del Norte y en la del Sur, y desde el Spitzberg al Tibet y Tasmania. Algunas de ellas son sumamente variables por su forma; muchas están provistas de largas espinas tubulares, y otras completamente revestidas de cortos filamentos semejantes á pelos; el área de la charnela es muy estrecha, excepto en el sub-género aulosteges, propio del rechstein de Rusia. El productus proboscidea tiene su valva convexa prolongada en forma de tubo, como dispuesta para la continua circulacion de las corrientes aéreas. El género del pérmico strophalosia tiene sus valvas articuladas por dientecitos, y cubiertas de largas y delgadas espinas huecas; la concha se fija, cuando jóven, por el ápice de la valva mas grande.

Los chonetes (fig. 12, 5) difieren de los productus por tener una serie de espinas á lo largo del borde de la charnela en la valva convexa. Cuéntanse veinticinco especies en los terrenos silúrico y carbonífero, por lo general de reducido tamaño, y con estrías muy finas.

En el órden denominado lysopomata, las valvas no son articuladas: las cranias constituyen uno de los mas antiguos tipos existentes, y se encuentran desde el silúrico inferior. Parece que una de las mas modernas especies está desprendida, y otra tiene dientecitos en la charnela. La crania ignabergensis de la creta de Suecia tiene las valvas semejantes por fuera, hallándose tan solo unidas en el individuo muy jóven. Las impresiones internas de la crania antiqua y de otras especies fósiles son notablemente curiosas. Las valvas inferiores de este género y del thecidium no son raras, y se encuentran adheridas á las conchas de los erizos de mar en la creta; pero las superiores escasean mucho.

Las discinidas figuran en corto número, aunque aparecen en todos los períodos: algunas de las discinas paleozóicas (orbiculoidea D'Orb), no es fácil distinguirlas genéricamente de las especies modernas por ningun carácter bien apreciado; pero otras (trematis de Sharpe), presentan adornos de puntos dispuestos en tresbolillo, y las impresiones ofrecen vestigios de láminas internas divergentes, lo cual supone una considerable diferencia en la organizacion del animal.

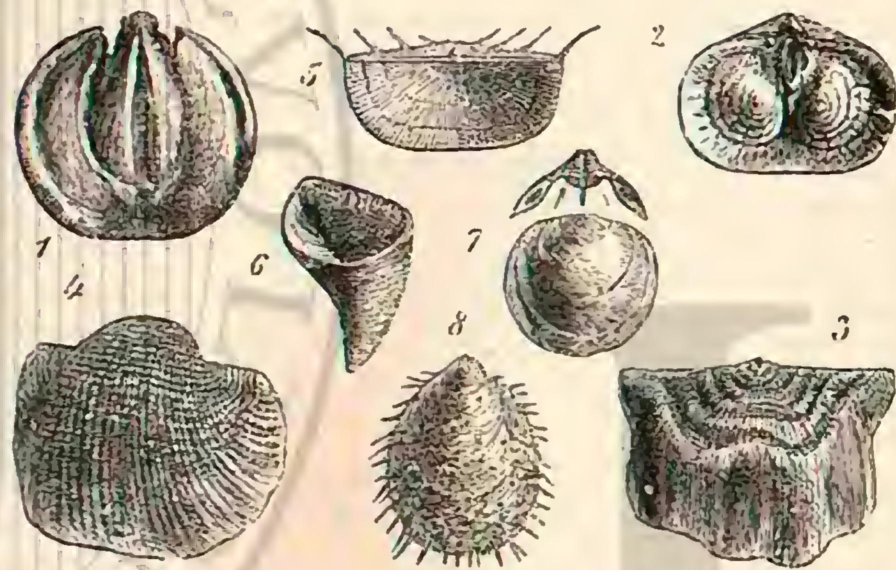


Fig. 12.—BRAQUIÓPODOS

1 Orthis hysterita, Devónico del Rhin
2 Davidsonia Verneuili, Bouch.; Devónico de Eifel
3 Strophomena rhomboidalis, Wahl.; Silúrico de Dudley
4 Producta semireticulata, Martin; Carbonífero de Derby
5 Chonetes striatella, Dalm.; Silúrico de Ludlow
6 Calceola sandalina, Lam.; devónico de Eifel
7 Obolus Apollinis, Eichw.; Silúrico del norte de Europa
8 Siphonotreta unguiculata, Eichw.; Silúrico de Bretaña

Las lingulas, que han dado su nombre á una de las mas antiguas rocas fosilíferas, presentan otra forma constante en todos los períodos; solo se conocen treinta y cuatro especies, y ninguna de ellas muy comun. La mas reciente lingula británica existe en el crag coralino (antiguo plioceno) de Suffolk. La mas moderna especie existente se encuentra en las Filipinas; la L. Davisii, propia del norte de Gales, tiene una cavidad pedicular en la valva ventral, por la que debió dividirse en dos partes el músculo cardinal, como en el género óbolus (fig. 12, 7); por fuera ofrece todo el aspecto de una concha ordinaria viva. A juzgar por los fragmentos de lingula que se encuentran en el silúrico inferior de Shorpshire, parecen pertenecer á especies distintas del L. Davisii. El obolus Eichw (ungula, Pander) abunda tanto en las areniscas del silúrico inferior de Suecia y Rusia, que ha dado su nombre á la arenisca de obolus. En Inglaterra se encuentra solo en el silúrico superior de Dudley: la concha es de textura córnea, y está con frecuencia manchada de azul, como la lingula, por la presencia del fosfato de hierro. Su figura es por lo comun oval, y difiere de la lingula por el carácter de las impresiones musculares internas.

CLASE II—ACÉFALOS Ó LAMELIBRANQUIOS

Se ha dado á esta clase el nombre con que se la distingue, porque los órganos respiratorios (fig. 13, p) afectan la forma de hojas ó láminas, contándose dos á cada lado, que penden ó están adheridos á la superficie interna de los lóbulos del manto *(a, b)*. La boca está provista de tentáculos ciliados *(ib. h)* por lo general mas cortos que en los braquiópodos. Las especies de algunos géneros están fijas por una valva soldada por el biso *(byssus)*, pero las mas son libres y tienen movimiento; en estas últimas, el pié consiste en un cuerpo muscular que se desarrolla en la superficie ventral de la masa visceral. Cuando el pié es bastante perfecto, y se ejercita con frecuencia la fuerza muscular, el aparato respiratorio presenta comunmente una complicacion de distintos tubos musculares ó sifones, uno para la entrada del agua *(ib. g.)* y otro para la salida *(g)*. Una valva de la concha se aplica al lado derecho del cuerpo, y la otra sobre el izquierdo, estando ambas articuladas por una especie de dientecitos, que constituyen lo que se llama charnela, y por fibras elásticas ó ligamentos en la parte de la concha designada con el nombre de ápice ó nates (fig. 15). Las valvas están enlazadas tambien

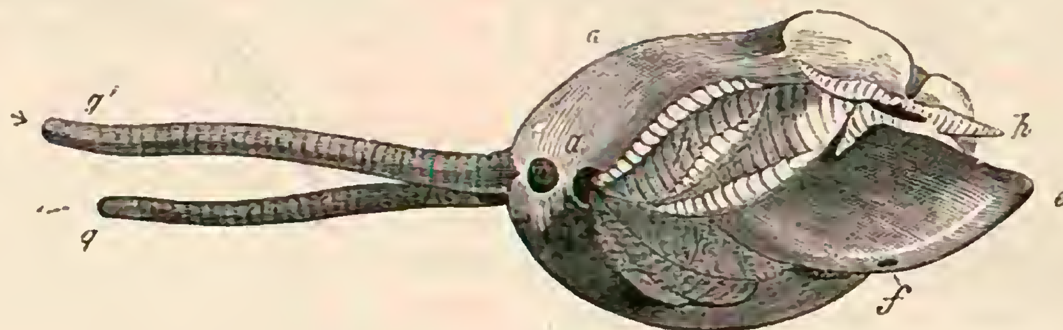


Fig. 13.—PSAMMOBIA FLORIDA

entre sí por uno ó dos músculos, llamados adductores, porque contraen las valvas y cierran la concha; para ello oprimen el ligamento, que por su elasticidad vuelve á abrir la concha por la relajacion del movimiento muscular. Cada valva es un cono que presenta todos los grados de profundidad, desde la concha plana de las placunas hasta la cavidad espiral de las isocardias y disceras; el ápice ó nates (fig. 14) está vuelto á un lado y se dirige hácia fuera. Colóquese una concha bivalva en la posicion de la cytherea (fig. 14), y tendremos que la direccion del ápice determina en A el borde anterior, y en P el posterior; el superior ó dorsal, y el inferior ó ventral, son como se marcan en el grabado; la longitud de la concha se toma desde A á P; su altura desde el borde dorsal al ventral; su grueso se mide á través de las valvas cerradas, en la parte mas prominente desde el lado derecho al izquierdo. Precede comunmente al ápice una depresion oval, que forma una cavidad en el contorno de la valva, que se llama lúnula. El ligamento de la charnela está algunas veces entre los nates, pero nunca es anterior á ellos. Si la línea que parte del ápice divide á la concha en dos partes desiguales, se llama esta inequilátera, segun se nota en los glycymeris y solemyas, en los que la mitad anterior es mas larga; en el género pectunculus apenas está marcada esta diferencia; en la mayor parte de los lamelibranquios, la mitad anterior es mas corta, como puede observarse, por ejemplo, en las cythereas. La mayor parte de las conchas de los lamelibranquios son equivalvas; es decir, que la valva de la derecha y de la izquierda tienen el mismo tamaño y figura, como se observa en las cythereas (fig. 14). Presentan excepciones las especies estacionarias, y á menudo fijas, que descansan sobre uno de los dos lados, cuando la valva inferior es mas cóncava y capaz que la superior; dicha valva es la de la izquierda en las ostras, en las pandoras y en las lionsias; la de la derecha es la mas pequeña y mas plana. En las chamastrea y corbula, la de la izquierda es la mas reducida. Placunas, pectineas, espondilos y aviculidos, se apoyan en la valva de la derecha; las anomias están fijas por fibras musculares degeneradas, que pasan por un agujero ó escotadura. Todas estas conchas se llaman inequivalvas.

Se dice que la concha bivalva es cerrada cuando las valvas se adaptan exactamente, y abierta si una parte de los bordes no se pone en contacto cuando la concha se cierra. En el género gastrochoena, esta abertura permanente es anterior, y sirve para el paso de los piés; en las mias es posterior, y está destinada al paso del biso; en los géneros solen y glicimeris se abre la concha por ambas extremidades.

Estas y otras particularidades son las que se observan en la descripcion de las conchas fósiles; y cuando se conserva su capa interna ó anacarada, las impresiones revelan la organizacion del antiguo animal con tanta exactitud, como los restos de huesos fósiles indican cuál fué el vertebrado extinguido.

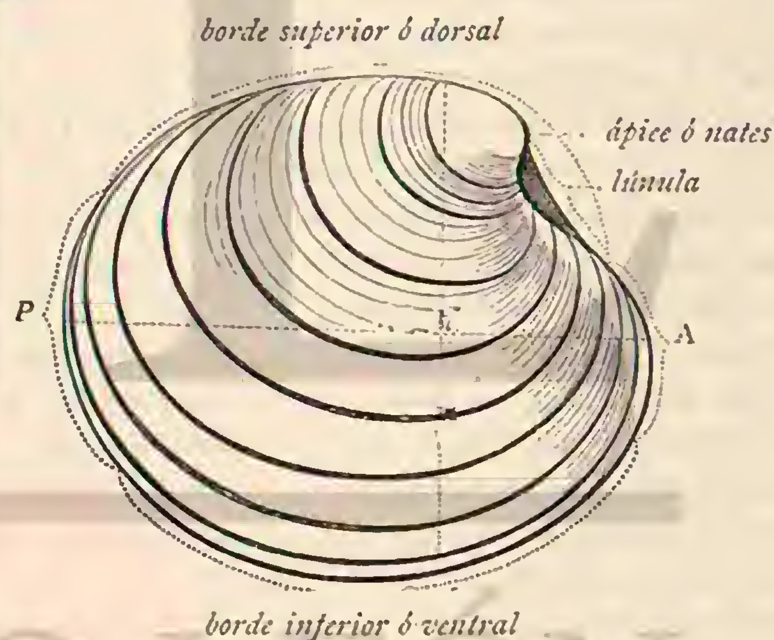


Fig. 14.—CYTEREA CHIONE

Para que el paleontólogo pueda adquirir mas fácilmente este conocimiento esencial en el estudio sucesivo de las bivalvas fósiles, marcamos las principales impresiones en la adjunta figura de la superficie interna de la valva izquierda en la concha de una cytherea (fig. 15). Cuando los dos músculos adductores existen, dejan las impresiones musculares anterior y posterior; y si solo existe uno, corresponde al músculo posterior, pero la posicion es mas céntrica (figura 16, 1). La ostra es un ejemplo familiar de esta especie de bivalva; cuando la línea del manto se extiende como una curva no interrumpida desde la impresion muscular anterior á la posterior (fig. 19, 4), puede inferirse que el habitante de la concha no tenia sifon, ó era muy pequeño, ó no retráctil; si la línea se dirige hácia el centro antes de llegar al músculo adductor posterior (fig. 15, 19, 8), indícase con esto la presencia de un sifon retráctil; si existe el pié, sus músculos

retráctiles suelen dejar señales marcadas en el interior de las valvas. En algunas de las conchas del grupo inclusa, que son prolongadas, los sifones no pueden contenerse dentro de la concha, y quedan por lo tanto fuera, como se observa en el género psammobia (fig. 13, *g*, *g'*) y en los pholas. El manto es aquella porcion de la piel del lamelibranquio, que despues de cubrir las vísceras, las branquias y el pié, toma la forma de láminas y lóbulos (fig. 13, *ab*), para rodear la concha que produjo, y constituir en caso necesario tubos respiratorios.

Mas de una tercera parte de las conchas fósiles conocidas pertenecen á las bivalvas ordinarias de la clase de los acéfalos testáceos, y su número asciende á seis mil, ó mas, mientras que las especies recientes exceden apenas de la mitad de este número. Sin embargo, es un grupo que alcanza su máximum en los mares actuales. Los géneros son siete veces mas numerosos en el terciario plioceno que en los terrenos antiguos; la cifra de las especies del silúrico apenas llega á ciento, mientras que el cretáceo contiene quinientas, y el mioceno ochocientas. De ciento cincuenta géneros, treinta y cinco se han extinguido, además de muchos sub-géneros. Las familias de las ciprinidas, astartidas y anatinidas, ya pasaron por el desarrollo máximo; las tringonidas, han desaparecido casi, y las hipurítidas se extinguieron por completo.

Las bivalvas monomiárias y otras de manto abierto, alcanzan un grado importante en un lejano período, y con ellas las familias de las miacidas y anatinidas; mientras que las conchas de sifon superiormente organizadas, como las veneridas y tellínidas, desconocidas en las mas antiguas rocas, son muy abundantes en la actualidad.

La familia de los ostreidas, que se distingue de las peines y de las anomias por apoyarse en la valva izquierda, contiene dos formas fósiles: de estas, la exogyra se asemeja á una ostra, y es una concha fija, característica del terreno cretáceo. El género gryphæa (fig. 17, 1) abunda en el jurásico, las conchas de las varias especies conocidas no están fijas, y el ápice de la valva mayor se encorva hácia dentro como en espiral. Solo se encuentra una especie de ostra en la caliza carbonífera; pero despues aparecen abundantes, y con dificultad se distinguen de algunas de las vivas.

Se han obtenido diversas modificaciones curiosas de las anomias y placunas es estado fósil. Las limanomias (Bouchard) tienen como unas orejas, lo mismo que las limas, y están fijas en conchas y corales del período devónico. Las placunopsis, halladas en las oolitas, presentan una cavidad trasversal del ligamento, que como el ápice de la valva superior, está dentro del borde de la concha hasta cierto punto.

Los pectinidos fósiles son muy numerosos: algunos de ellos procedentes de la caliza carbonífera, no se pueden distinguir genéricamente de las especies actuales, conservando algunas hasta fajas divergentes de color; pero la mayor parte de las antiguas especies afectan la forma aviculoidéa (figura 16, 1), y el área de la charnela está acanalada por los cartílagos, como se observa en las arcas. Las mas bellas formas aparecen en la creta y en la arenisca verde, asemejándose á los modernos pecten (janira, Schum) por la desigualdad de las valvas; pero que se caracterizan además por la presencia de dientecitos, como en los espondilos. Estos últimos constituyen el género neithea (fig. 17, 2); las plicátulas se encuentran en el triásico, jurásico y cretáceo, juntamente con las conchas que dudosamente se consideran como hinnites y espondilos. Los hinnites (sub-género segregado del pecten) existen en el cretáceo y en el mioceno, y los espondilos en la arenisca verde y en la creta. Algunos de ellos, como el plagiostoma espinosum, no están fijos; otros se asemejan al moderno Sp. Gusonii, y se han llamado dianchora. La capa interior donde está la charnela de estas conchas se conserva muy rara vez. La lima proboscidea aparece primero en la oolita inferior, continúa en la grande oolita y en la roca de Kelloway; la lima duplicata y otras especies oolíticas, presentan dos series de dientecitos en la charnela, pero no como los de la reciente especie limacea. Las grandes limas, lisas ó estriadas, de las oolitas, han recibido el nombre de plagiostomas.

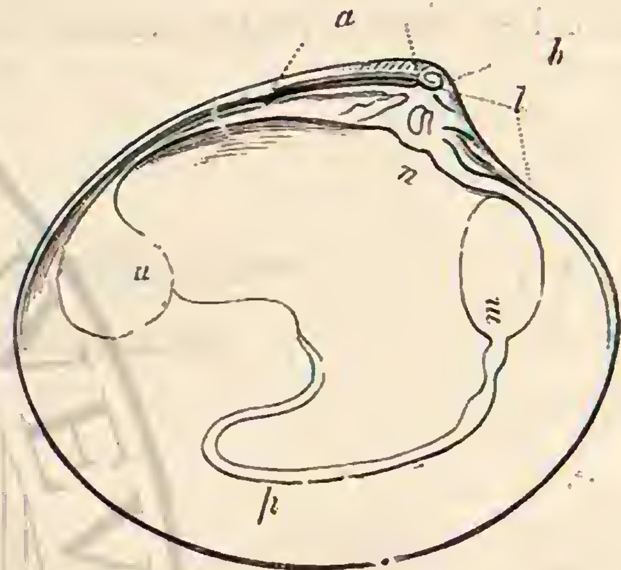


Fig. 15.—CYTHEREA CHIONE *(valva izquierda)*

a Ligamento—b Apice ó nates—l Lúnula—n Charnela—m Impresion muscular anterior—u Impresion muscular posterior—p Impresion paleal

Las ostras de perlas, mejor madreperlas (aviculidos) son tambien fósiles muy abundantes; pero á causa de la frecuente repeticion de formas semejantes, es difícil determinar el género con algun grado de certeza, solo por el exámen de los caractéres exteriores. La mayor parte de las especies silúricas pertenecen al género pterinea, Goldfuss, y presentan anchas expansiones y estrías longitudinales. Las ambonychias, Hall. se asemejan á los inoceramus, y extiéndense desde el terreno silúrico al carbonífero (fig. 16, 3). El género silúrico cardiola ofrece cierta analogía con la almeja; y las posidonomyas, que se encuentran en todas las rocas paleozóicas, son muy delgadas, y presentan surcos concéntricos. Se han propuesto otros muchos géneros cuyos caractéres son imperfectamente conocidos. Los monotis (salinarius), una de las conchas comunes del triásico, carecen de expansion anterior; las pteroperas (Lycett), formas oolíticas, presentan una concha aliforme, con numerosos dientecitos anteriores y anchas láminas en la parte posterior. El género Gervilia (fig. 17, 4), extendido desde la caliza carbonífera hasta la creta, está representado por conchas prolongadas, con varias cavidades cartilaginosas; las Bakewelias, del pérmico, tienen una impresion muscular anterior, como las arcas; el reciente género perna, que comienza en el lias, ó en la formacion precedente, ofrece gran variedad de formas; el pulvinites Adansonii (fig. 17, 3), parece haber sido una perna con un agujero para el biso como en la anomia; y el inoceramus (fig. 17, 5), característico del cretáceo y jurásico, difiere principalmente de la perna por la forma, siendo la valva mas grande algunas veces y arrollada á la manera del nautilus. El género pinna, que parece pertenecer á esta familia, aunque provisto de dos músculos adductores, se halla en estado fósil en el terreno devónico y en los siguientes. Algunas de las especies oolíticas, designadas con el nombre de trichites, son inequivalvas é irregulares, y alcanzan mas de una pulgada de grueso, asemejándose á masas minerales de carbonato de cal fibroso.

Entre los mitilidos hay muchas especies silúricas que se

distinguen por la cicatriz redondeada que se ve en la parte anterior, y otras por la línea recta de la charnela y sus valvas plegadas. La mialina (fig. 16, 4) se encuentra en las rocas paleozóicas superiores; en las recientes septíferas y dreisenas el músculo anterior adductor está algunas veces sostenido en una especie de reborde. Los mitilos propiamente dichos y las modiolas abundan en el terreno jurásico, las dreisenas, confinadas ahora á los rios de la region cáspia, ó solo naturalizadas en la Europa oriental, tuvieron por representantes á muchas especies, algunas de ellas de gran tamaño, en el eoceno de Hampshire y en el mioceno de Viena.

Las arcas fósiles son mucho mas numerosas que las recientes, perteneciendo las mas á la division de las cucullelas, de las que solo sobrevive una especie en el Mar del Coral. Las arcas paleozóicas tienen dientecitos anteriores como las arcas, y posteriores como las cuculleas, difiriendo de ambas por ser muy reducida el área de la charnela, hasta el punto de formar una estrecha línea que corresponde con la mitad posterior, solo en las conchas recientes. Las impresiones de las conchas semejantes á las arcas en las rocas silúricas se distinguen además por ofrecer un profundo surco detrás de la impresion muscular anterior, constituyendo el género ctenodonta, de Salter, caracterizado por sus dientecitos, como las núculas, y su ligamento externo muy prominente (fig. 16 5). Algunas de las arcas oolíticas, que tienen los dientes posteriores muy largos y paralelos, constituyen un sub-género designado con el nombre de macrodon (fig. 17, 6); otras, que presentan un área ligamentosa estriada, forman el género isoarca de Munster (fig. 17, 7). Solo se conocen unas doscientas especies fósiles de los géneros núcula y leda, diseminada en todos sus terrenos. Las especies paleozóicas son de forma anómala, y cuando se conozcan mejor, se considerarán seguramente como géneros distintos. La Yoldia es una forma característica del terciario mas moderno de las altas latitudes del Norte; y las solenellas existen fósiles en Patagonia y la Nueva Zelanda. Se supone que el género problemático solemya, ha existido en el período carbonífero. Los pectunculus aparecen primero en el horizonte cretáceo, siendo menos antiguo que los limopsis, los cuales se encuentran en la oolita de Bath. Un individuo del último género hallado en el eoceno de Bélgica tiene el arca ligamentosa enteramente detrás de la cavidad del cartílago, y ha sido designado por Mr. de Orbigny con el nombre de nucunella.

Los trigonidos están representados en el terreno silúrico inferior por la lirodesma (fig. 16, 6), concha que presenta varios dientecitos en forma de radios y estrías trasversales; y en los paleozóicos superiores por los axinus (fig. 16, 7), y por otros varios géneros imperfectamente conocidos; el axinus se encuentra en el pérmico de Durham y Harford, cerca de Manchester. El triásico contiene verdaderas trigonias asociadas con el género mioforia (fig. 17, 8) que tiene los nates vueltos hácia fuera, y dientecitos posteriores. El único representante de esta familia hallado hasta ahora en el terreno terciario es el diminuto género werticordia, del crag. Aunque pasan de 100 las especies encontradas en los terrenos secundarios, solo viven dos en las costas del sur de Australia.

Los unionidos, de gran tamaño y diversas formas, se hallan en el piso weáldico, no distinguiéndose genéricamente de las especies recientes; pero los del carbonífero y de las mas antiguas rocas son en extremo problemáticos, y hasta podrian corresponder á géneros marinos.

Del género chama se encuentra una especie en la arenisca verde superior y en la creta de Inglaterra, y otro en la arcilla de Lóndres; en todos los demás puntos son menos abundantes, contándose en junto treinta especies. Muy afines á las chamas son las diceras, cuyas notables impresiones llaman sobremanera la atencion (fig. 18, 1). Encuéntranse en el coral rag de Francia y en otros puntos; aseméjanse á los cuernos de un animal; la concha está fija por el ápice de una de las valvas, como se observa en algunas de las recientes especies de chamas. El músculo posterior adductor está sostenido por una protuberancia, como en las paquidesmas

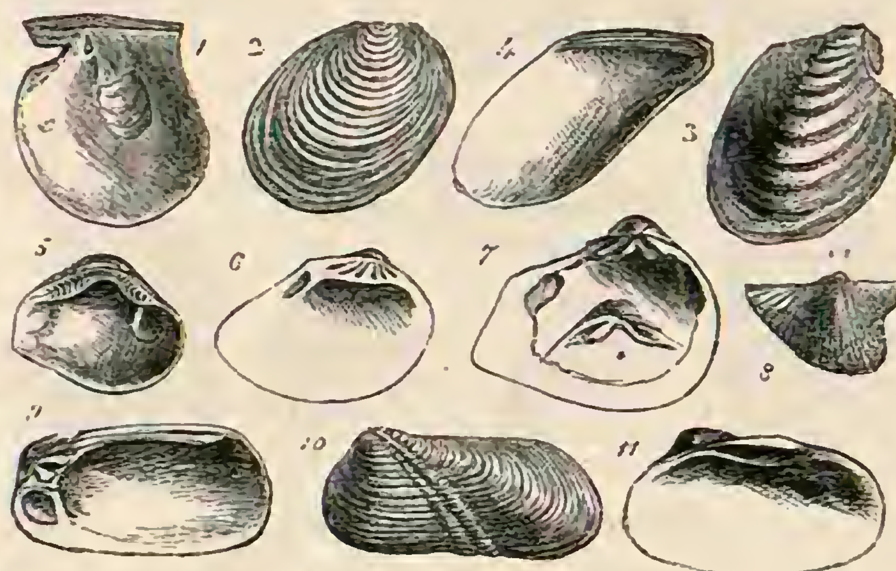


Fig. 16.—BIVALVAS PALEOZÓICAS

1 Aviculopecten, sp.; Carbonífero de Bélgica
2 Posidonomya Becheri; Carbonífero de Hesse
3 Ambonychia vetusta, Sby.; Carbonífero de Bélgica
4 Myalina Goldfussi, Dk.; Carbonífero de Wise
5 Ctenodonta cuneata, Hall.; Silúrico del Canadá
6 Lyrodesma plana, Conrad; Silúrico del rio Hudson
7 Axinus obscurus, Sby.; Pérmico de Durham
8 Conocardium armatum, Ph.; Carbonífero de Tournay
9 Pleurophorus costatus, T. B.; Pérmico de Durham
10 Grammysia cingulata, His.; Silúrico de Ludlow
11 Edmondia, sp.; Carbonífero de Bélgica

megalodon, y modernas cardilias, debiéndose á ello que se forme un surco espiral en cada valva correspondiente á dicha impresion. Las conchas que siguen á las diceras en el horizonte inferior cretáceo suelen tener la valva derecha mucho mas pequeña que la izquierda, y en un caso (fig. 18, 2) se asemeja al opérculo de una valva espiral. La única especie británica de este grupo es la Requienia Lonsdalii, que se encuentra en la arenisca ferruginosa de Bowood. En Francia, y tambien en Tejas, existe otra forma con la valva fija sencilla y cónica como un hipurites; la cavidad ligamentosa es recta, y el nates de la valva libre marginal.

Estas conchas son tan íntimamente afines á las hippuritidas, que la Requienia se ha comprendido á menudo en el órden de los rudistas. Los representantes del grupo de los hippurites están fijos como las ostras, y se encuentran con frecuencia en gran número, llenando considerables espacios. Sus valvas son de estructura distinta, y están articuladas por dos dientes protuberantes en la parte superior y la inferior; el ligamento es interno, pero exteriormente lleva un surco ligamentoso bien marcado. Cuéntanse cerca de cien especies características del terreno cretáceo, y muy particularmente de la creta media llamada caliza hipurítica. En Inglaterra, solo se encuentran las dos especies radiolites Mortoni y caprinella triangularis; las demás son de las Indias Orientales, del sur de Europa y de Argel. La forma que mas analogía ofrece con el género chama, corresponde al reducido caprotina (fig. 18, 7), cuya valva superior tiene un nates marginal; pero por lo demás, es como una miniatura del radiolites. La caprina, de Orbigny, tiene la valva libre perforada por canales ó surcos que se abren en el borde interno; en las caprinellas, la lámina exterior de las dos valvas presenta esta estructura. Una de las valvas es algunas veces espiral (figura 18, 6), hallándose dividida interiormente por numerosos

tabiques dispuestos con tanta regularidad, que se asemeja por este concepto al nautilus. En el radiolites (fig. 18, 5), las dos valvas son cónicas, y el nates de la que está libre, marginal en la concha muy jóven, en la adulta llega á ser central. La estructura de la charnela se modifica por la falta de



Fig. 17.—BIVALVAS SECUNDARIAS

1 Gryphæa arcuata, Lam.; Liásico de Charmouth
2 Pecten (Neithea) quinquecostatus, Sby.; Creta de Sussex
3 Pulvinites Adansoni, Defr.; (molde interior)·Creta de la Rochela
4 Gervillia anceps, Dh.; Arenisca verde de la isla de Wight
5 Inoceramus sulcatus, Park.; Gault de Folkestone
6 Cucullæa (Macrodon) Hirsonensis, D'Arch.; Grande oolita de Minchinhampton
7 Isoarca cordiformis, Schloth.; Cretáceo de Nattheim
8 Myophoria decussata, Münt.; Triásico de S. Cassian

disposicion espiral en las valvas; pero es esencialmente la misma que en las caprotinas y diceras; los dientes protuberantes de la valva superior sostienen láminas encorvadas para la insercion de los músculos adductores. En los hippurites la lámina muscular anterior se proyecta horizontalmente, y la posterior en sentido vertical, como un tercer pié, con el cual se le confundió á menudo.

Por su estructura y aspecto muchos consideraron á los hippurites como cefalópodos, otros como braquiópodos, y hasta como anélidos algunos; pero demostrada por Cuvier su naturaleza de lamelibranquios, admitióse su agrupacion entre los camaceos y cardiádidos, propuesta por los señores Quenstedt y Woodward.

Las cardidas ocupan hoy una extensa área de dispersion, como la tuvieron tambien en otro tiempo, pues se encuentran en todos los terrenos desde el silúrico. Los fósiles mas comunes de la tribu de los cardium están guarnecidos de estrías concéntricas á los lados, ofreciendo como unos radios en la valva superior, adorno casi único entre las doscientas especies recientes. Parece que las almejas del Caspio han existido en la region de este nombre casi desde mediados de la época terciaria; el número de dientecitos queda reducido á uno ó dos en cada valva, y á veces faltan en la concha jóven. El lithocardium aviculare (fig. 19, 7) es una concha característica de la cuenca de Paris y se asemeja á la tridacna oriental, de la que se encuentra una especie en el mioceno de Polonia. El género conocardium (fig. 16, 8), de los terrenos silúrico superior y carbonífero, es notable por la estructura prismático celular de su concha, y la truncadura del lado posterior de las valvas, provistas en algunas especies de delgados apéndices en forma de sifon.

Los lucínidos, análogos á las almejas por ciertos detalles de su estructura, abundan tambien en estado fósil, siendo igualmente extensa su área de dispersion. Se reconocen comunmente, aunque solo sea como impresiones internas, por su forma circular y el reborde oblicuo de su disco. Las impresiones de las lucinas presentan asimismo el estrecho contorno peculiar del músculo anterior adductor, ya desprendido. Los géneros criptodon, diplodonta, kellia y pythina se encuentran en el eoceno; las corbis con el sub género sphæra comienzan en el triásico; otra modificacion del mismo está representada por el unicardium de Orbigny, de las oolitas y la creta; por último, la Tancredia (Licett), concha triangular y comprimida, con una charnela análoga á la de los corbis, es frecuente en el liásico y en la oolita.

Los cicladidos de agua dulce están representados en la formacion weáldica y en el eoceno por muchas especies de cyrena, las mas de ellas de reducido tamaño: la reciente corbícula fluminalis, propia de los rios orientales, es un fósil comun del terciario plioceno en Inglaterra y Sicilia.

Los ciprinidos y astartidos son mas abundantes como conchas fósiles, que alcanzaron en otros tiempos un área de dispersion mas extensa que en la actualidad. En catálogo figuran cerca de cien especies de ciprinas que comienzan en el triásico, ofreciendo en las mas antiguas especies una charnela algun tanto especial. Las isocardias son casi tan numerosas, y tienen la misma distribucion; pero muchas de las conchas fósiles que con aquellas ofrecen analogía son realmente afines á las anatinidas. Atribúyese mayor antigüedad á los cipricardias, género muy escaso ahora, y difícil de obtener á causa de su habitat. Los pleurophorus paleozóicos (fig. 16, 9) se distinguen por la impresion muscular anterior, y los megalodon (Sowerby) por el repliegue que sirve de apoyo al músculo posterior; este género está representado en las oolitas por los pachyrismas, y en los mares terciarios y modernos por las cardilias.

El género astarte, limitado ahora á una docena de especies en el norte del Atlántico y en los mares árticos, está asimismo extensamente distribuido, contándose doscientas especies en el Prodromo de Orbigny, las cuales comienzan



Fig. 18.—BIVALVAS SECUNDARIAS

1 Diceras aritinum, Lam.; Coralrag de Francia
2 Requienia ammonia; Neocómico de Francia
3 Monopleura trilobata, D'Orb.; Neocómico de Orgon
4 Hippurites Toucasiana, D'Orb.; Creta de Francia
5 Radiolites angeiodes, Lam.; Creta de Gosau
6 Caprinella Boissyi, D'Orb.; Creta del Valle de Alcántara
7 Caprotina semistriata, D'Orb.; Creta de Mans

en el período liásico. Las crasatellas son comunes en el terreno cretáceo y en el terciario de Europa. Afine al astarte es el extinguido género opis (fig. 19, 3), del cual se conocen cuarenta y dos especies en los terrenos secundarios; las cardinias (fig. 19, 2) son características del liásico y de las oolitas. En los terrenos secundario y terciario se encuentran mas de cien especies del género cardita, inclusas las venericardias; de las cincuenta formas recientes, solo una es ártica, y se encuentra en los depósitos glaciales de Inglaterra; el

género afine myoconcha es característico de las mas antiguas rocas secundarias; el hipopodium corresponde al liásico.

Los veneridos son esencialmente característicos del período terciario y de los mares actuales; en las oolitas se encuentran algunas especies de venus, hallándose las cythereas mejor marcadas en la arenisca verde; los géneros artemis, trigona, lucinopsis, venerupis y tapes, aparecen en el terciario medio; el denominado petricola en el eoceno. La única forma extinguida es la llamada Grateloupia (figura 19, 8), que difiere poco de la trigona.

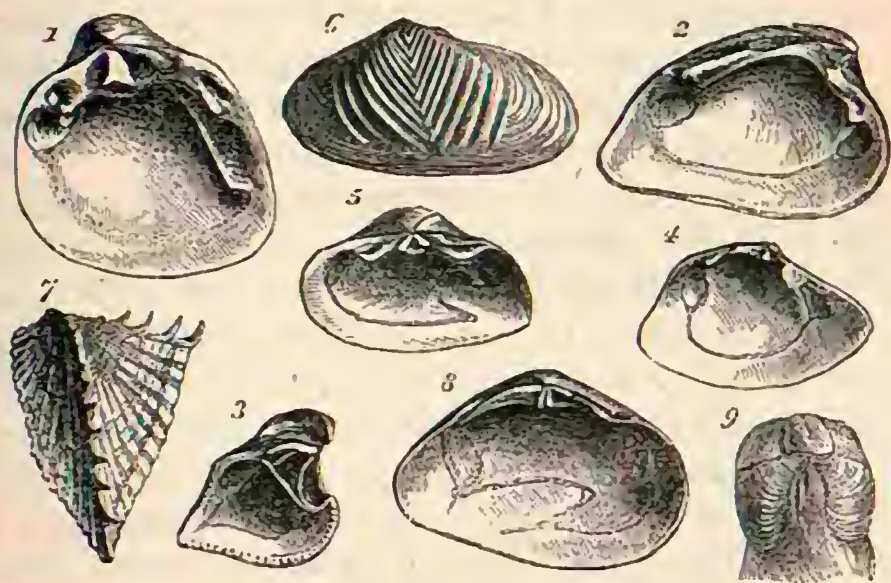


Fig. 19.—BIVALVAS SECUNDARIAS Y TERCIARIAS

1 Pachyrisma septiferum, Bur.; Coralrag de Meuse
2 Cardinia hybrida, Sby.; Liásico de Gloucester
3 Opis lunulatus, Mill.; Oolita de Bayeux
4 Tancredia securiformis, Dkr.; Liásico de Sajonia
5 Sowerbya crasa, D'Orb.; Oxfórdico de las Ardenas
6 Goniomya scripta, Sby.; Roca de Kelloway
7 Lithocardium aviculare, Lam.; Eoceno de Paris
8 Grateloupia irregularis, Bart.; Mioceno de Burdeos
9 Teredina personata, Lam.; Eoceno de Bognor

Las mactras y tellinas son tambien grupos comparativamente modernos: las mas de las supuestas especies oolíticas corresponden á los lucínidos, excepto la Sowerbya (figura 19, 5), que se encuentra en las oolitas de Malton y Portland. Los géneros psammobia y mesodesma son de la arenisca verde; los donax y syndosmya, del eoceno; las gastranas (venerupis, Lam.) y lutrarias, del mioceno; la lutraria rugosa, que aun existe en la costa de Portugal, se halla fósil en la costa levantada de Sussex.

Las mas antiguas formas de solénidos son las que tienen la linea dorsal interna transversa (solecurtus), que se encuentran en el neocómico, mientras que los verdaderos solen y glicimeris aparecen por primera vez en el horizonte eoceno. El género mya, reducido á las especies semejantes al M. arenaria, se encuentra solo en el terciario mas moderno; el género corbula se extiende desde las oolitas inferiores; las neeras son de la arenisca verde superior, y las thetis (poromya, Forbes), del neocómico.

En el jurásico, oolítico, cretáceo y terciario de todas las partes del mundo se han obtenido unas cien especies del género panopæa, muy semejante á las myas, y que con dificultad se distinguen de las formas igualmente numerosas de anatinidos que estuvieron asociadas á las pholadomyas á causa de la tenuidad de sus valvas finamente granuladas; el género myacites hállase fósil en las rocas paleozóicas y secundarias; algunas de las especies oolíticas y cretáceas se distinguen por los surcos en forma de V (fig. 19, 6). Mas numerosas son aun las formas de las pholadomyas fósiles diseminadas desde el lias, pero reducidas á una sola, la cecual, que vive en el mar de los Caribes. Las pandoras aparecen primero en el terciario mas antiguo. Entre los géneros extinguidos de esta familia, figuran las gramisas silúricas (fig. 16, 10), con valvas plegadas transversalmente; la Edmondia carbonífera (fig. 16, 11), que se distingue por sus anchas láminas cartilaginosas oblicuas; la cardiomorpha paleozóica, semejante por su figura á las isocardias, y el keromia oolítico, cuya figura se parece tambien á la de la almeja. Las cercomyas son anatinas oolíticas, con la extremidad posterior de las valvas muy atenuada.

El género gastrochena aparece en las oolitas inferiores, y con frecuencia se conservan impresiones de sus surcos despues de la descomposicion del coral donde se formaron. Las clavagellas se encuentran en la arenisca verde superior, y los aspergillum en el mioceno y plioceno; las saxicavas son del terciario mas reciente y de las costas levantadas del norte de Europa; la gran especie, comunmente llamada panopæa de Noruega, es un fósil característico del plioceno mas moderno de Bretaña.

Los foladidos aparecen primeramente en el terreno jurásico. Se han descubierto formas semejantes á la reciente martesia striata en la madera fósil del liásico y en la arcilla de Speeton; la Jouannetia (Desm.) fué conocida en un principio como fósil del mioceno, y los pholas son del terciario mas antiguo. Las especies extinguidas de teredos se hallan en la madera silicificada de la arenisca verde de Blackdown, y en los frutos fósiles de palmera del Brabante y Sheppy. Los troncos fósiles de la arcilla de Lóndres suelen estar perforados por estas conchas, y tambien por la extinguida especie teredina (fig. 19, 9), que se asemeja á la martesia por el escudo del ápice; cuando adulta, no solo cierra la abertura anterior del pié, sino que une sus valvas, cimentándolas como en los aspergilos. Se han obtenido ejemplares en los que todo el interior de las valvas y el tubo habian adquirido un excesivo espesor hácia el fin de la vida por las capas sucesivas de concha.

CLASE III—CEFALIDOS

Sobre tres cuartas partes de los moluscos son cefálidos, es decir, que tienen una cabeza bien marcada, comunmente con ojos y tentáculos, ofreciendo la boca un órgano masticatorio especial y complejo para la digestion.

El manto, propiamente dicho, formado por un repliegue de la piel, se forma de ordinario en la superficie dorsal, y se relaciona en sus funciones con el órgano respiratorio y la concha. Por la conservacion de esta última sabemos que este gran grupo de los moluscos data de los antiguos sedimentos silúricos.

ÓRDEN I—TERÓPODOS

Los terópodos, se llaman así por ofrecer como órganos locomotores dos expansiones membranosas en forma de aletas, de lo cual deriva el nombre que llevan que significa alas en los piés, como demuestra la siguiente figura (n.° 20, C). Son pequeñas especies, marinas y flotantes, que pueden haber dejado vestigios de su existencia en los depósitos del mas profundo océano. En este órden aparece una gran diversidad de formas; algunas especies de hyalæa (fig. 20) son casi globulares; otras, como ciertas cloedoras, muy largas y delgadas. La concha se caracteriza siempre por la delicadeza y trasparencia de su textura; y difiere menos de la forma ordinaria de la univalva espiral en el género spiriales y otros fósiles afines. En las limacinas, las vueltas de espira se reducen á una y media; en las hyalæas (fig. 20), la concha se asemeja á una bivalva en la que las dos valvas se hubieran

unido á lo largo del ápice *h*, dejando una estrecha abertura de frente y á los lados de la valva ventral *g*; es mas convexa, y la dorsal *f*, mas saliente, pasa de la abertura *i*, por donde salen los lóbulos natatorios y la cabeza. En las cleodoras se estrecha la concha prolongándose, y las dos mitades se unen por los lados, de modo que solo dejan una abertura anterior.

Las conchas fósiles de los géneros hyalæa y cleodora, se encuentran en el terciario mas moderno de Italia, juntamente con las viginellas, afectando una forma afine á la Cuvieria (fig. 22); pero la existencia de los terópodos en las rocas mas



Fig. 20.—HYALÆA TRIDENTATA

antiguas es sumamente vaga y dudosa. Los evomphalus (fig. 25, 4), que caracterizan estas rocas, tienen opérculos multiespirales calizos, como los recientes ciclostremas (adcorbis); el género Maclurea, que se ha considerado como un evomphalus, es probablemente muy distinto; tiene un grueso opérculo espiral, con la estructura interna de las neritas: encuéntrase en las mas antiguas rocas silúricas de Escocia y de la América del Norte. En el eumphilus nigosus del carbonífero de Illinois las vueltas de espira giran al rededor de un somero y ancho ombligo; el evuliomphalus es como un evomphalus incompletamente arrollado; las Maclureas se parecen á estos últimos con una espira deprimida; las conchas llamadas theca son delgadas y cónicas; las pherothecas tienen una expansion aliforme, y las conularias (fig. 25, 10), presentan su extremidad dividida. Si estas conchas son terópodos, pueden considerarse como los gigantes del órden.

ÓRDEN II—GASTERÓPODOS

En los moluscos cefalidios gasterópodos, el disco muscular ó pié destinado á la locomocion, se desarrolla mas ó menos en la superficie ventral del cuerpo.

ÓRDEN ANORMAL

En los nucleobranquios, de los que puede considerarse como tipo el atlanta oceánica, el pié se halla tan poco desarrollado como en los neumodermos y en otros terópodos.

Existen dos familias de moluscos nucleobranquios: los firólidos, de cuerpo grande y desnudo, y los atlántidos, que se pueden ocultar en su concha, cerrándola con un opérculo. Las formas fósiles conocidas corresponden principalmente á la última division. Así el animal como la concha son simétricos, si no enteramente, casi del todo; el núcleo de la segunda es pequeño y espiral.

Las partes blandas del atlanta se dividen en dos regiones, indicadas en la fig. 23; la primera, ó principal parte carnosa del cuerpo, está fuera de la concha, y la paleal ó visceral dentro. La parte carnosa comprende el lóbulo cefálico A, el pedículo B, y la cola ó lóbulos operculígeros *e f*. La cabeza ó lóbulo cefálico consta de la boca *a*, los tentáculos *b*, y los ojos *l*; los piés se componen de la aleta B y el disco *d*; la cola está formada por la hoja *e* y el opérculo *f*, con su superficie de enlace; *l* es el cuello, *m* el buche, *n* el estómago, *o* el intestino, *p* el hígado, *q* el riñon, *s* el corazon, *h* la cavidad branquial, *i* la branquia, y *u v* los principales ganglios del sistema nervioso.

La concha del atlanta es notable por la belleza y simetría de su forma, por la pureza del color y delicada textura, y tambien porque en ella se reunen dos condiciones referentes al tejido; á saber, que una gran porcion de la boca, ó parte últimamente formada, se conserva en un estado de blandura flexible, casi cartilaginosa, mientras que el resto de la concha es vítreo, de donde fácil es comprender que solo esta parte ha podido fosilizarse, circunstancia que debe recordarse al estudiar estas conchas fósiles, que por su simetría se asemejan á los nautilos, de los que solo se diferencian por carecer de cavidades aéreas. Tales fósiles corresponden probablemente á los nucleobranquios, y en particular á la division cuyo tipo es el atlanta. El género porcelia, característico del período carbonífero, tiene una concha discoidea, con un núcleo espiral que se proyecta, como en dicha especie típica, desde el lado derecho. Otro género (bellerophon), se asemeja á los recientes oxigyrus por su forma mas globulosa (fig. 25, 7). La concha es algunas veces delgada, y la abertura se prolonga en forma de trompa, mientras que otras especies son globulares y sólidas; en el primer caso, puede haber pertenecido la concha á grandes animales que vivieran en la superficie del mar; y en el segundo, parece que tendrian mas bien por objeto proteger al individuo al arrastrarse por el fondo de las aguas, pues no se puede insistir en que todas las especies fueran por necesidad flotantes á causa de su organizacion. Las especies de bellerophon son numerosas en todas las rocas paleozóicas; algunas de las mas pequeñas parecen haber vivido agregadas. La bellerophina de Orbigny es una diminuta concha que se encuentra en el gault (terreno cretáceo medio).

La familia de los firólidos comprende los nucleobranquios en que falta la concha, ó es muy pequeña comparativamente con la masa del animal. En el terciario medio de Turin se ha encontrado una sola especie del género carinaria, la mas hermosa del grupo, que tiene una concha hialina semejante por su forma á la del argonauta, y suspendida del cuerpo.

ORDEN NORMAL

En la mayoría de los gasterópodos la concha es univalva-espiral, cuyas variedades se observan en una inmensa serie



Fig 21.—HYALÆA TRIDENTATA *Fig 22.*—CUVIERIA COLUMNELLA

de fósiles. La forma mas sencilla de concha univalva es el cono, que puede ser muy deprimido, como en el género umbrella, ó sumamente alto y contraido, como en los dentalios, ó de mas comunes proporciones en las patelas. La extremidad del cono es siempre oblicua y excéntrica, dirigida en estas últimas conchas hácia la cabeza; pero en otros gasterópodos hácia la extremidad opuesta del cuerpo. La univalva espiral se arrolla algunas veces en el mismo plano, segun se observa en los planorbis; pero mas comunmente en direccion oblicua, como en el triton (fig. 24). El ápice de la concha *a* está formado por el núcleo, ó parte que se desarrolló en el huevo;

las vueltas de espira de la concha, *w w*, se llaman espiras, siendo *w*, *ac* la del cuerpo; las líneas ó cavidades formadas por la union de las vueltas de espira son las suturas, *s s*; las espiras que hay mas arriba de la del cuerpo constituyen la de la concha, *pe* á *a*.

Como regla constante, la univalva espiral, vista en la posicion en que la llevaria el individuo, avanzando delante del observador, se retuerce desde la extremidad hácia abajo, de izquierda á derecha, dirigiéndose la espira oblicuamente á la derecha; pero en algunos géneros, como por ejemplo en las clausilias y las physas, la concha se retuerce en opuesta direccion, en cuyo caso se llama inversa ó sinistrorsa. La parte alrededor de la que da vueltas el cono espiral se llama columnilla *o*, (fig. 24). La columna central es algunas veces sencilla, y otras asurcada ó plegada; en ciertas conchas es sólida, y en varias hueca, como en los solarium y dolium, en que se ve á la izquierda la estrecha abertura elíptica de la columnilla, recibiendo el nombre de fosa umbilical. Así en los solarium como en las Philipsia, el ápice de la concha está invertido, y solo se puede ver mirando por la fosa umbilical.

La ancha abertura que constituye la base de la univalva espiral está limitada por un reborde exterior (fig. 24, *pe*, *ac*), y otro interior; este último presenta una suave superficie convexa por la que se desliza el pié del gasterópodo para alcanzar el suelo. En muchas univalvas, la abertura de la concha es entera, y en otras está interrumpida; tambien puede suceder que el perístoma se halle cortado por una escotadura como el que separa el reborde exterior de la fosa umbilical, ó hallarse perforado por uno ó mas agujeros, ó bien que una parte de él forme un canal ó sifon; este último (fig. 24, *ac*) se llama algunas veces canal anterior, y el agujero que hay en la extremidad opuesta del perístoma, canal posterior *(pc)*. Estas modificaciones son importantes por la constancia de su relacion con ciertas condiciones de los órganos respiratorios. Así por ejemplo, todos los pectinibranquios gasterópodos en que el agua es conducida á la concha por un tubo muscular ó sifon, tienen el borde de la abertura escotada ó en forma de canal, *ac*, el posterior, *pe*, es anal; algunas veces está representado por una hendidura, como en las scissurellas, ó es un tubo, segun se ve en los typhis, ó ya en fin una perforacion, como en las fissurellas, ó una serie de agujeros, como en los haliotis.

La relacion de estas modificaciones de la concha univalva, dadas á conocer por la anatomía, nos permite juzgar en general, por una concha fósil, de la esfera de existencia, del medio respiratorio y hasta cierto punto del alimento y costumbres del animal extinguido. Los gasterópodos que primero aparecen en los terrenos paleozóicos tienen bocas enteras; las especies de sifon no se encuentran mas abajo del liásico, y van aumentando en número desde los horizontes terciarios hasta las playas actuales.

Las univalvas fósiles, ó sea los restos de conchas espirales y semejantes á las patelas, no faltan sino en las muy antiguas rocas fosilíferas. Desde el silúrico inferior, donde se encuentran cerca de cien especies, correspondientes á unos diez géneros, aumentan en número y variedad, lenta y regularmente, hasta los terciarios mas modernos, que han dado diez veces mas géneros, y muchísimas mas especies. El número total de univalvas fósiles marinas no llega á seis mil, mientras que las recientes exceden de ocho mil, y aunque puede esperarse que se descubrirán mas especies fósiles nuevas, es evidente que en comparacion con las condiciones pasadas, el grupo de las univalvas solo alcanza en la actualidad el máximum de su desarrollo.

Entre las especies de respiracion aérea extinguidas y vivientes, la desproporcion es mayor aun: en los catálogos de fósiles se enumeran unos trescientos caracoles de tierra, y como una mitad de pulmonados de agua dulce; pero la mayor parte de estos son especies recientes, y el total figura en pequeña proporcion comparado con el número de los caracoles vivos, que exceden de cuatro mil. Que han existido muchos mas en un principio es cosa indicada por el hecho de que los caracoles de tierra fósiles de los antiguos terciarios de Europa son del todo distintos de sus sucesores existentes, hallándose los mas representados en la actualidad en las Indias orientales y el Brasil. Las formas genéricas peculiares á las Islas oceánicas son mas numerosas que las de los continentes, como si este órden hubiera sido importante en algun tiempo; pero las circunstancias favorables á su petrificacion deben haber escaseado tanto, que no puede esperarse la probabilidad de obtener mas datos para facilitar su estudio.

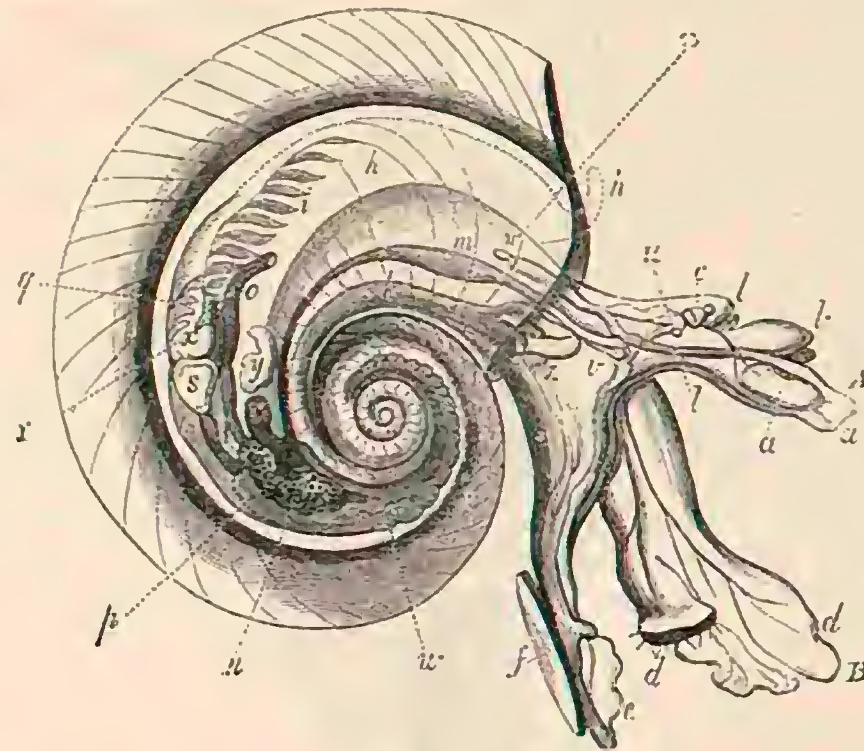


Fig. 23.—ATLANTE KERAUDRENII

Atendido el gran número de gasterópodos existentes, y los muchos detalles que se obtuvieron en los últimos años respecto á su textura y costumbres, podia esperarse que las afinidades de las univalvas fósiles serian fácilmente reconocidas, pudiéndose interpretar bien sus indicaciones; pero no sucede así. Las conchas univalvas no presentan señales internas tan fáciles de estudiar como las de las bivalvas, y que ofrezcan los carácteres esenciales de las partes blandas; y en cuanto á las formas exteriores, están á menudo tan disfrazadas, que inducen fácilmente en error. Las conchas de cualquier familia pueden ser de forma de paleta, turriculadas, discoideas, lisas ó con adornos. Lo que debe desearse sobre todo es averiguar si han sido anacaradas ó porcelanosas; si el ápice ó núcleo presenta particularidades; y si el opérculo, caso de que fueran operculadas, era multi-espiral ó no.

Algunos autores de los que modernamente han escrito sobre gasterópodos fósiles han creido reconocer representantes de las mas comunes familias y géneros actuales entre los de terrenos mas antiguos, si bien es cierto por otra parte que lo que toman por melanias son conchas marinas; los supuestos bucinum carecen de escotadura; los solarium son aperlados; las neritas ofrecen, cuando adultas, la abertura irregular de los pileopsis; las naticas carecen de opérculo espiral; y las Maclurea ostentan conchas sinistrorsas.

Cuanto mas de cerca se examinan las univalvas paleozóicas, tanto mas parecen diferir de los tipos comunes recientes, y si se quieren encontrar formas afines, deben buscarse entre las mas escasas y pequeñas, y menos estudiadas conchas modernas.

ESTROMBIDOS.—Los strombus, á pesar de sus conchas marinas, se asemejan á los frágiles nucleobranquios en ciertos conceptos: tienen la misma denticion lingual, é idénticas costumbres carnívoras; y aunque viven en el fondo del mar, mas bien saltan que se arrastran, hallándose provistos de un pié estrecho y de un lóbulo operculífero profundamente dividido. Como característicos de las zonas mas cálidas de los mares actuales, solo se encuentran fósiles en los terrenos terciarios mas modernos de los países del sur de Bretaña; pero existe un grupo de pequeñas conchas que se refieren al reciente *strombus*



Fig. 24.—TRITON

fissurellus en los mas antiguos terciarios de Lóndres, Paris y América, que Agassiz designó con el nombre de rimella. El género afine pterocera, peculiar de los mares del Sur, fué descrito como característico del terreno secundario de Europa, siquiera las especies extinguidas parecen relacionarse mejor con los aporrhais. Este género, confinado ahora á las playas orientales de Europa, se encuentra en todos los terciarios, y está representado en las rocas secundarias por muchas formas notables. Algunas fueron separadas, designándolas con el nombre de alaria, correspondiendo quizás á este grupo el pterocera Bentleyi (fig. 26, 2): las rostellarias y terebellum peculiares ahora del mar Rojo, son fósiles muy conocidos en el eoceno de Europa, extendiéndose entonces su área de dispersion hasta América; algunas de las antiguas rostellarias tienen su reborde exterior por extremo ensanchado, como se observa en la R. ampla (hippocrena) de la arcilla de Lóndres. En las oolitas y en la creta se encuentran delgadas conchas fusiformes (spinigera, fig. 26, 1) con espinas á los lados, como algunas ranelas recientes.

MURÍCIDOS.—Esta gran familia de conchas univalvas espirales, grupo el mas importante de las especies existentes marinas, apenas tiene mayor antigüedad que la del terciario eoceno. Las purpurinas de las oolitas (fig. 26, 3), y las columbellinas de la creta, son géneros extinguidos, algo semejantes á las púrpuras y á las columbellas; pero desde que los llamados conos de las oolitas resultaron ser tornatellas, debe desconfiarse de estas otras pretendidas afinidades. La enorme univalva de la creta que Sowerby consideró como un *dolium*, fué descrita despues por Orbigny como un pterocera. En los terciarios abundan las univalvas de sifon, y las mas se relacionan seguramente con modernos géneros; el único cambio marcado consiste en la comparativa abundancia de algunas escasas formas existentes, y en la ausencia ó escasez de muchas que son ahora mas numerosas. La distribucion geográfica de los géneros ha sufrido de consiguiente un gran cambio desde que se cerró el período eoceno, cambio mas notable en las zonas frias, y que es evidentemente resultado de cambios climatológicos. Los mares del norte habrán sido en todos tiempos inclementes, y los del trópico siempre cálidos; pero la latitud de Inglaterra, siendo mas susceptible de sufrir vicisitudes en el clima, debió ofrecer la mayor variedad y las mas completas y rápidas alteraciones de la vida orgánica. En la arcilla de Lóndres se encuentran muchas especies de clavella, typhis, mitra, pseudoliva y ancillaria; y algunas formas extinguidas (leistoma y strepsidura) relacionadas con los fusus.

El terciario medio, que no existe en Inglaterra, pero que está muy desarrollado en la Europa central y en la del sur, contiene muchos géneros pertenecientes á las latitudes mas cálidas, y muchas especies que aun viven en el sur; en los terciarios mas nuevos de Europa desaparecen estas formas, siendo reemplazadas gradualmente por otras de carácter opuesto, trophon, neptunia y trichotropis, que habitan ahora en las costas árticas y boreales. El número total de los murícidos fósiles asciende á mil. Los terciarios mas antiguos de Inglaterra contienen tambien especies de triton, cassidaria, cancelaria y pyrula, extrañas ahora á nuestros mares, y que primeramente fueron comprendidas en esta familia.

CÓNIDOS.—Los conus y pleurotomas aparecen por primera vez en la creta, y son abundantes en el eoceno, acompañándoles una forma intermedia (conorbis, fig. 27, 3) y otro sub-género extinguido (Borsonia, fig. 27, 4), en el que la columnilla está plegada como en las mitras. El género terebra es mas comun en el mioceno.

VOLÚTIDOS.—Las volutas aparecen tambien como cretáceos fósiles en Europa y en la India del Sur; abundan mucho en la arcilla de Lóndres, y una se encuentra en el crag. Las antiguas especies (fig. 27, 5) se distinguen, las mas, por sus espinas agudas, como en las mitras, particularidad que solo se observa en una especie muy rara, extraida de un lecho de conchas muertas en el Cabo, á setecientos noventa y dos piés de profundidad. La voluta del crag se asemeja á la forma magallánica; la cymba olla, única voluta existente en Europa, se halla fósil en el plioceno de Mallorca.

CIPREIDOS.—Constituyen un grupo de conchas subtropicales, comunes en otros tiempos en la zona templada: en la arcilla de Lóndres se encuentran muchas grandes especies, las unas afines de la cyprovulas del sur, mientras que el crag contiene solo representantes del sub-género trivia, una de cuyas especies vive aun en las costas de Inglaterra

Por lo que hace al tamaño, no hay especies fósiles de fusus, triton, cassis, strombus ni de volutas que puedan compararse con las de hoy dia; el strombus gigas, del que se importan tantos ejemplares de la India oriental para la fabricacion de camafeos, puede pesar hasta unas cinco libras.

HOLOSTÓMATA.—Las conchas de boca redonda tienen mayor importancia entre los fósiles de un periodo mas primitivo, que las del último grupo. Los naticidos y piramides tenálidos carnívoros representados en el período paleozóico por naticopsis, loxonemas (fig. 26, 1), y macrocheilus (fig. 26, 2); las mas de las especies del último género, que se encuentran en las capas carboníferas del Ohio y del Illinois, son mas ventrudas que las procedentes del devónico de Alemania; las yantinas, que tanto difieren de otros géneros, parecen corresponder á los scalites, raphistomas y holopeas del silúrico; las conchas parecidas á los scalarias y solarium se encuentran en el triásico y jurásico asociadas con las chemnitzias, de extraordinario tamaño, así como con especies de

eulimas y nisos. Estas familias de conchas y los ceritidos son fósiles mas abundantes; el número de las especies extinguidas asciende á mil quinientas, mientras que las formas existentes apenas llegan á novecientas. Los solarium, con su opérculo piramidal, así como las brifontias, son comunes en el terciario eoceno.

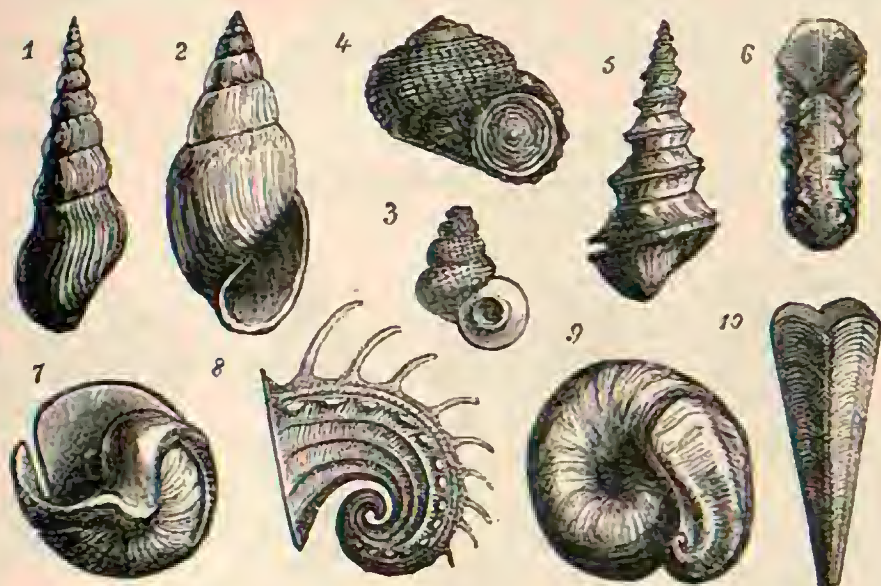


Fig. 25.—UNIVALVAS PALEOZOICAS

1 Loxonema Lefeburei, Lev.; Carbonífero de Tournay
2 Macrocheilus Schlotheimi, D'Arch; Devónico de Eifel
3 Scoliostoma expansilabrum, Sdgr.; Devónico de Nassau
4 Evomphalus sculptus, Sby.; Caliza de Wenlock, May Hill
5 Murchisonia angulata, Ph.; Devónico de Eifel
6 Porcellia Puzosi, Lev.; Carbonifero de Tournay
7 Bellerophon bi-carinatus, Lev.; Carbonífero de Tournay
8 Tubina armata, Barr.; Silúrico de Bohemia
9 Maclurea Peachii, Salter; Silúrico de Sutherland
10 Conularia quadrisulcata, Sby.; Carbonífero de Lanark

Entre las naticas terciarias se cuentan muchas que tienen una boca oblicua y ombligo; otras ofrecen prominencias en la columnilla (Deshayesia, fig. 27, 6), etc. Las nerineas jurásicas son notables por sus espirales, semejantes á las de un tornillo, que dan vuelta en el interior, produciendo singulares variedades de estructura (fig. 26, 4) por el estilo de la que se observa en la concha telescopio (terebralia).

Las univalvas de agua dulce de los mas antiguos terciarios difieren poco de sus recientes congéneres de los géneros paludina, potamides, melania y melanopsis. Las turritelas fósiles son de dudosa existencia antes del terciario; las especies del silúrico tienen el perístoma completo; otra forma (proto, fig. 27, 7) es característica del mioceno. Los troquidos fósiles son muy numerosos; pero hasta aquí se han agregado á ellos seguramente muchos litorinidos. Acaso no se conozca ningun verdadero turbo en un horizonte anterior al cretáceo.

Los caliptraidos son comunes en las mas antiguas rocas, que tambien contienen algunas especies de chiton y conchas semejantes á los dentalios. La especie dentalium primarium procede de una caliza devónica del Illinois, y el D. obsoletum es de las capas carboníferas de algun punto de la América del Norte. Un carácter comun á las conchas espirales paleozóicas consiste en su tendencia á tomar forma irregular hácia la terminacion de su crecimiento: en las serpularias, las espiras están muy desunidas; en las scoliostomas (fig. 25, 3) y en las catantostomas, la abertura se ensancha; algunas pequeñas conchas oolíticas tienen un perístoma mas grueso (crossostoma, fig. 26, 5) como la reciente lietia, que comienza en el terciario mas antiguo. Un considerable número de las conchas fósiles troquiformes presentan una faja particular que termina comunmente en una profunda escotadura ó cavidad cerca de la boca; las mas de estas conchas, sólidas y anacaradas, pertenecen al género pleurotomaria, del que no existe sino una sola especie; otras se asemejan por su forma y aspecto á las turritelas, y se han designado con el nombre de Murchisonia (fig. 25, 5). La pleurotomaria sphœrulata del terreno carbonífero de Missouri, tiene la abertura entera; la concha carbonífera que llaman polytremaria presenta una serie de agujeros en vez de una hendidura, y la tubina silúrica (fig. 25, 8) tiene tres de espinas tubulares; el cirrus, de la oolita inferior, es una concha sinistrorsa con una línea de adornos semejantes; los trochotomas (fig. 26, 6) están perforados cerca del borde de la abertura, que se prolonga hácia fuera segun crece la concha. Las scissurellas, que son siempre pequeñas y no perladas, aparecen primeramente en el terciario mas moderno; los haliotis son del mioceno de Malta, los neritidos de las oolitas; además de las neritas propiamente dichas, encuéntranse neritomas (fig. 26, 7), con un reborde acanalado exterior; los pileolus, que son del todo semejantes á las patelas en su parte superior (fig. 26, 8), y los neritopsis, con su columnilla angular, se marcan distintamente: los fissurelidos se encuentran ya en el período carbonífero; pero escasean mucho al principio, y nunca llegan á ser muy numerosos. La rimula oolítica es una pequeña concha, que se supone afine á una especie existente muy rara hoy dia. Los patélidos comunes de forma inequívoca se encuentran en la oolita de Bath; pero son luego menos abundantes, y casi desaparecen en lcs terciarios. Mr. d'Orbigny los consideraba como genéricamente distintos; pero les aplicó el nombre helcion, que es sinónimo de patela.

PULMONÍFEROS.—La existencia de los caracoles de respiracion aérea en las rocas paleozóicas se demuestra por una pequeña concha cristalina, con una abertura redonda no dentada, descubierta por Dawson y Lyell en un árbol carbonífero hueco, en Nueva Escocia. En el eoceno se han hallado mas de cuarenta especies del género pupa: la caliza de Purbeck contiene una physa de aspecto moderno; y hállanse otras especies de extraordinario tamaño, no solo en el terciario mas antiguo de Francia, sino tambien en la Inglaterra



Fig. 26.—UNIVALVAS SECUNDARIAS

1 Spinigera, sp.; Arcilla de Oxford, Chippenham
2 Alaria Bentleyi, M. y L.; Grande Oolita de Collyweston
3 Purpurina Morrisii, Buv.; Grande Oolita de Minchinhampton
4 Nerinæa Bruntrutana, Thurm.; Coralrag de Polonia
5 Crossostoma Pratti. M. y L.; Grande Oolita de Minchinhampton
6 Trochotoma conuloides, Desl.; Grande Oolita de Minchinhampton
7 Neritoma bisinnata, Buv.; Oxfórdico de las Ardenas
8 Pileolus plicatus, Sby.; Grande Oolita de Ancliff
9 Cinulia incrassata, J. Sby.; Arenisca verde de Blackdown
10 Acteonina concava, Desl.; Liásico de Normandía
11 Bellerophina minuta, Sby.; Gault de Folkestone

central, donde no existe el género hoy dia. El eoceno de agua dulce de la isla de Wight y el de Paris contienen muchas especies de limneas y planorbis; una glandina que compite en tamaño con la Gl. truncata de la Carolina del Sur; un ciclóstoma con opérculo semejante al del cyclotus jamai-

censis, y una especie prolongada de la seccion de los megalogastomas, que vive ahora en las Indias orientales. En Hordle se ha encontrado el pequeño helix labyrinticus, que vive todavía en Tejas; y en el sur de Francia hay representantes de los géneros brasileños megaspira y anastoma. Encuéntrase en el mioceno otro género designado con el nombre de Ferussina (fig. 27, 10) semejante al caracol lámpara, pero que se supone era operculado. Los pulmoníferos del plioceno inglés se han extinguido en parte, aunque pocos se hallan en este caso, al menos en Inglaterra; casi todos viven todavía; pero son mas ó menos abundantes respecto de la época del mastodonte y del mammuth. Los caracoles de tierra extinguidos, de las islas de Madera y de Puerto Santo, están asociados con restos de muchas especies recientes, muy numerosos, y que han sido orígen de cambios que perjudicaron á varias especies, favoreciendo el aumento de otras. Mr. Darwin supone que los caracoles terrestres de Santa Elena no se extinguieron del todo hasta fines del siglo pasado, principalmente á causa de la destruccion de los bosques del país.

TECTIBRANQUIOS.—Las familias que tienen por tipo á las tornatellas, ringicullas y bullas, figuraron de un modo mas importante en los períodos secundario y terciario; pero rara vez se han comprendido sus afinidades. Las acteoninas, que tienen el aspecto de un cono, aparecieron en las rocas carboníferas, alcanzando un notable desarrollo en el horizonte liásico (fig. 26, 10); sucediéronles las acteonellas, que tienen la columnilla pegada, y se encuentran en el período cretáceo, y tambien las volvarias (fig. 27, 11) que son eocenas. Las pequeñas ringicullas de nuestros mares fueron precedidas por grandes especies del mismo género en los terciarios, y por la cinulias (fig. 26, 9), las globiconchas y las tyloslomas en el terreno cretáceo; el género varigera ofrece dos series de tubérculos ó varices en cada vuelta de espiral de un modo parecido á las eulimas; por último, las pterodontas son aliformes en la boca como los strombus.

CLASE IV—CEFALÓPODOS

Los cefalópodos son moluscos cefaloideos, con órganos locomotores y prensiles que irradian de la cabeza (fig. 28 *t*, *h*). El animal puede considerarse dividido en dos partes, la cabeza *(m, t)* y manto *(m, o)*; aquella, principalmente muscular, contiene los órganos de los sentidos, de la masticacion y deglucion, dando nombre á la clase por servir de apoyo á los prensiles y locomotores *(a c)*. La division del manto, llamada tronco ó abdómen, consiste en un saco mas ó menos muscular, con una abertura transversal anterior, por la que se proyecta un sifon ó tubo *(f)* que contiene los órganos respiratorios y digestivos. Las branquias son pinatifidas y están ocultas. Los sexos son distintos. Todos los cefalópodos son ovíparos.

ORDEN I—TETRABRANQUIOS

(CEFALOPODOS NAUTILOIDEOS)

CARACTÉRES.—Dos pares de branquias; tubo formado por un repliegue muscular; manto delgado, ligeramente muscular; brazos muy numerosos, huecos y con tentáculos retráctiles; mandíbulas provistas de piezas calizas consistentes; ojos pedunculados; cabeza retráctil, dentro de una concha externa, separada en varias celdas por medio de tabiques atravesados por un sifon, con las capas exteriores porcelanosas y las interiores anacaradas.

GENERO NAUTILUS, *Linn*

CARACTÉRES.—Concha discoidea, simétrica, con las aberturas sencillas, lo mismo que las suturas y el sifon. Los caractéres anatómicos del órden son tambien los del único género existente.

El nautilus pompilius es el representante de numerosos géneros y especies de estos cefalópodos, que abundan en los períodos paleozóico y secundario, pero que parecen haber sido reemplazados en el terciario y los períodos recientes por los pectinibranquios gasterópodos.

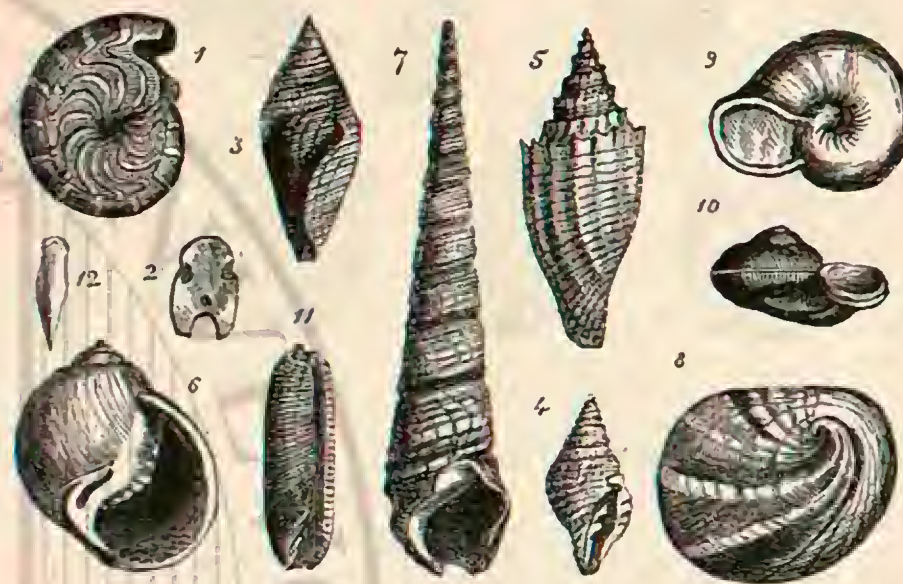


Fig. 27.—UNIVALVAS TERCIARIAS

1 Nautilus (Aturia) zic-zac, Sby.; Eoceno de Inglaterra
2 Nautilus zic-zac, tabique visto de frente
3 Conorbis dormitor, Sol.; Eoceno de Inglaterra
4 Borsonia lineata, T. Edw.; Eoceno de Hants
5 Volutilithes luctator, Sol.; Eoceno de Inglaterra
6 Narica (Deshayesia) cochlearia, Brongn.; Eoceno de Italia del Norte
7 Turritella (Proto) cathedralis, Brongn.; Mioceno de Burdeos
8 Nerita (Velates) perversa, Gm.; Eoceno de Francia
9 Helix (Lychnus) Matheroni, Req.; Eoceno de Francia
10 Ferussina tricarinata; M. Br.; Mioceno de Hockleim
11 Volgaria bulloides, Lam.; Eoceno de Grignon
12 Vaginella depresa, Bast.; Mioceno de Burdeos

La organizacion del nautilo perlado (nautilus pompilius) arroja mucha luz sobre la de los extinguidos ammonites, orthoceratites, lituites, turrulites, etc., y ofrece por lo tanto un especial interés, además del que resulta por las peculiares modificaciones de su textura.

En la fig. 28, que representa el animal dentro la concha, *a c* es la parte de una cavidad; *b* la última celda; *a* el músculo de enlace; *c* el buche; *f* el sifon; *h* el pico; *t* los tentáculos y *m* el borde libre del manto recogido.

Del grupo inferior de los cefalópodos que tienen conchas celurales semejantes á las del nautilo perlado, cuéntanse mil cuatrocientas especies extinguidas pertenecientes á unos treinta géneros, mientras que solo existen tres ó cuatro en los modernos mares. Dichos fósiles se asemejan á los nautilos: diferenciándose de las espírulas dibranquias por la estructura de su concha, que se compone de dos capas, la exterior porcelanosa y la interior aperlada, al paso que las espírulas tienen una concha interna completamente anacarada. Ofrecen tambien analogía con los nautilos por la capacidad relativa de su última celda, que parece suficientemente grande para contener á todo el animal. Resulta además de la posicion del sifon y de la forma de la abertura, que estas conchas estaban recogidas sobre el dorso del animal, y no estaban arrolladas como las espírulas. No se han hallado vestigios de tinta fósil (sepia), ni garras córneas asociadas, ni la menor indicacion de un tejido muscular denso. Por su forma y tamaño no debian tener facilidad para la rápida locomocion, y para preservarse de sus enemigos solo la cubierta que les

ofrecia su sólida concha. Los ammonites discoideos llegaron á alcanzar un diámetro de tres piés, y los orthocerotites de concha recta excedieron á veces de seis piés de largo. Estos últimos debian vivir comunmente en una posicion casi vertical, mientras que los géneros discoideos se arrastraran por el lecho del mar como la concha de un caracol invertida. Los ammonites parecen haber estado provistos de un opérculo compuesto de dos elementos, no fibrosos y confluentes, sino calcificados y unidos por una sutura recta. Estos opérculos, que se han considerado equivocadamente como conchas bivalvas, tienen una estructrura porosa especial, y presentan á menudo dibujos en la superficie convexa exterior, mientras que su cavidad ofrece tan solo líneas de crecimiento (fig. 30, 7). Las formas especiales de aptychus (1) están asociadas en todas las localidades con especies particulares de ammonites; y su tamaño se adapta exactamente

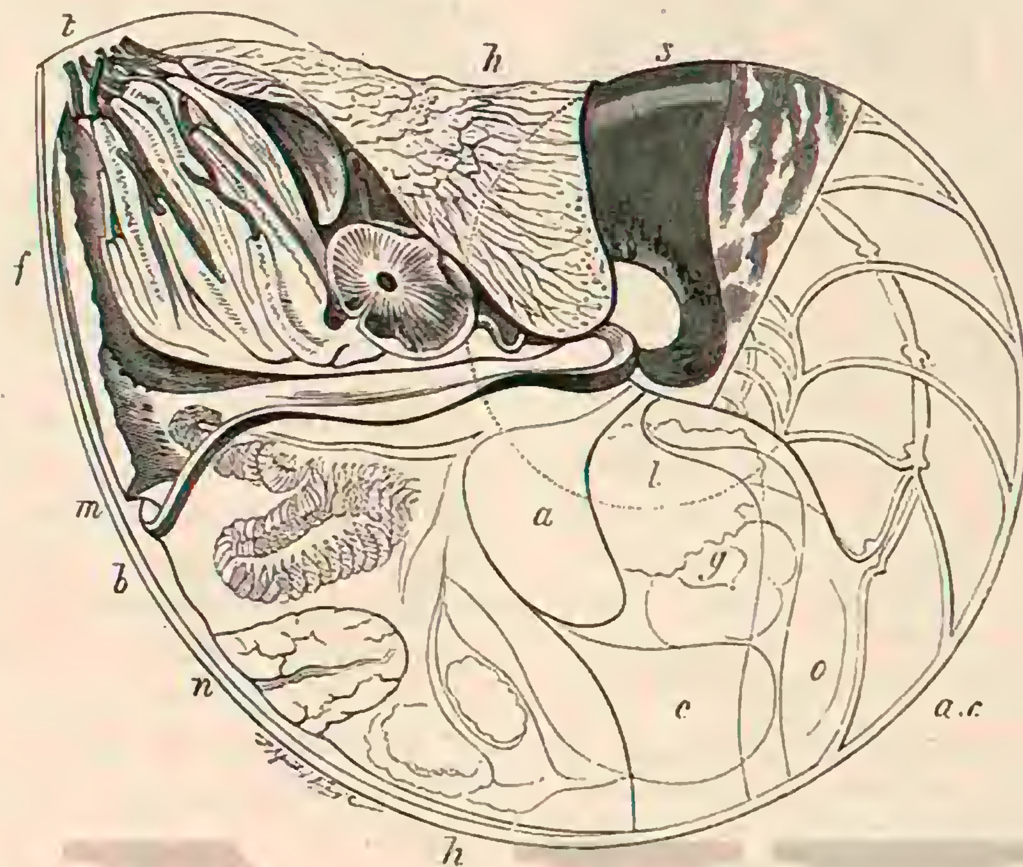


Fig. 28.—NAUTILUS POMPILIUS

á los objetos en que se encuentran. Estos singulares restos calizos se hallan en todos los horizontes secundarios; pero hasta aquí, no en tanto número ni con tales circunstancias que se pueda suponer que pertenecieron á otros géneros además del nautilo propiamente dicho. Conócense dos formas: las correspondientes á la mandíbula superior (fig. 31, 8) se han designado con el nombre de rhyancholites (pœteuthis y rhynchoteuthis, D'Orb), mientras que las mandíbulas inferiores contituyen el género conchorhynchus de Blainville (fig. 31, 9). Los brazos de los extinguidos tetrabranquios pudieron estar organizados como los del nautilus; pero fueron probablemente menos numerosos en los géneros de concha delgada, y en las primitivas formas que tenian una pequeña abertura. La longitud de la cavidad destinada á recibir el cuerpo está en razon inversa de su diámetro; y las espinas prominentes que adornan el exterior están divididas por dentro por láminas anacaradas que indican el mucho movimiento del animal en su concha. Cuando la concha exterior del fósil se desvia de su sitio por descomposicion, ó por la mano del hombre, los bordes de los tabiques internos ó divisiones de las cavidades aéreas, quedan del todo descubiertos; estas líneas marginales se llaman suturas.

Las conchas de celdillas pueden dividirse en dos grupos principales: las que tienen suturas sencillas, como las de los nautilos, y las que las ofrecen lobuladas y foliáceas, como los ammonites fósiles; en las primeras, el sifon es ventral ó interno; en las segundas externo ó dorsal (fig. 28). Hay, sin embargo, nautilos con suturas lobuladas (aturia, fig. 27, 1), y algunos con sifon externo (criptóceros de Orbigny). Por otra parte, las suturas de los ammonites son al principio ligeramente lobuladas, y van siendo poco á poco mas complejas, resultando de aquí que los ejemplares de una misma especie se han llevado á los tres géneros goniatites, ceratites y ammonites, segun su edad.

Exceptuando los goniatites, los ammonitidos son peculiares del período secundario, en el cual principian y terminan, al paso que los nautílidos, salvo los nautilos y aturias, están confinados á las rocas paleozóicas: debe, sin embargo, advertirse que los nautílidos paleozóicos ofrecen particularidades que indican grandes diferencias cuando se comparan con las modernas especies. Se ha propuesto asociar la mayor parte con los orthoceras como una familia distinta; pero esto no parece aceptable. A la manera de lo que se ve en los ammonitidos, sus conchas presentan casi todas las formas y curvaturas concebibles; no estando del todo bien definidos los géneros fundados en estos caractéres.

NAUTILIDOS.—Algunos de los nautilos carboníferos tienen el dorso cuadrado (fig. 29, 1), y la última celda mas ó menos separada. El género silúrico trococeros es un nautilo espiral, la climenia, fósil característico devónico, presenta suturas angulares y un sifon interno. La concha terciaria llamada nautilus zig zag (Aturia, fig. 27, 1, 2), tan extensamente distribuida en Europa, América y la India, ofrece un sifon casi marginal en el individuo jóven, pero que gradualmente va siendo mas central; no tiene una relacion particucular con las climenias.

ORTOCERATIDOS.—La forma mas sencilla de los orthoceras se asemeja á la de un nautilus desarrollado, y lo mismo sucede con los lituites (fig. 29, 2), que tienen el vértice espiral. Las especies de orthoceras en que la abertura está contraida, constituyen el género gomphoceras, Fischer (poterioceras, M'C), y si se halla encorvada, el oncoceras, Hall. En el género ascoceras, de Barrande (fig. 29, 9)

(1) No todos los autores consideran á los aptychus como opérculos de ammonites; muchos los clasifican entre los cirrópodos: sin embargo, debemos declarar que aquella opinion es la que hoy prevalece.
(*N. del T.*)

la abertura está contraida, y las cavidades aéreas ocupan solo la mitad dorsal de la concha. En las fragmoceras (fig. 29, 7), la concha se encorva ligeramente del lado ventral, y la abertura se contrae de un modo notable, siendo el orificio para el tubo respiratorio casi distinto de la abertura cefálica. En los cirtoceras la curvatura es dorsal.



Fig. 29

1 Nautiloceras Omalii, Kon.; Carbonífero de Bélgica
2 Lituites (Breynius); Silúrico de Suecia
3 Seccion de Clymenia, para ver el sifon interno; Devónico de Petherwin
4 Seccion de Camaroceras duplex, Wahl.; Silúrico de Rusia
5 Sifon de Huronia Bigsbyi, Stokes; enseñando el contorno de la concha y los tabiques
6 Sifon de Discosorus, Hall.; Silúrico del lago Huron
7 Phragmoceras ventricosum, Sby.; Silúrico de Ludlow, en Hereford
8 Gyroceras Eifeliense, d'Arch.; Devónico de Prusia
9 Ascoceras Bohemicum, Barr.; Silúrico de Praga
10 Goniatites Henslowi, Sby.; Carbonífero de Asturias

En otros representantes de esta familia, el sifon llega á tener un tamaño notable, y extraordinaria complexidad. En las camaroceras (fig. 29, 4), es lateral y sencillo, siendo su diámetro la mitad del de la concha. Las impresiones de estos grandes sifones fueron designadas por Eichwald con el nombre de hiolites; contienen con frecuencia pequeñas conchas de orthoceras, de belerofon y otros géneros. En algunas especies adquiere el sifon mas espesor interiormente, por las repetidas capas de concha, ó se divide por una sucesion de diafragmas en forma de tubo, que constituyen el género endoceras de Hall. El mismo autor ha dado el nombre de discosorus á un fósil que es evidentemente el sifon de alguna concha muy delicada (fig. 29, 6). En aquellos orthoceras que tienen el sifon parecido á los discoceras, disminuye rápidamente hácia la última cavidad. Tal vez sea el mas notable fósil de este grupo el que se designa con el nombre de huronia (fig. 29, 5), hallado en la caliza silúrica superior de la isla de Drummond. Los sifones de seis piés de largo por una y media pulgada de diámetro, se destacan atrevidamente en los arrecifes; son cuarzosos, y no se descubre en ellos vestigio alguno de la concha, excepto en uno ó dos casos, en que los tabiques se marcan ligeramente por líneas de color. Algunas veces aparecen invadidos por el coral, siendo tanta su consistencia, que pudieron permanecer en el lecho del mar hasta mucho tiempo despues de haberse deteriorado la concha. Las articulaciones del sifon están dilatadas en la parte superior, y en el interior se distingue una estructura irregularmente radiada, producida al parecer, por el replegamiento y calcificacion de la membrana. Esta estructura existe tambien, y es muy regular, en el sifon del orthoceras trigonale devónico, en las conchas que Orbigny agrupa con los giroceras (fig. 29, 8), y en los actinoceras, un sub género de las orthoceras, descubierto por el Dr. Bigsby, y descrito por Stokes. El replegamiento de esta estructura interior se verifica por segmentos correspondientes á los tabiques que se encuentran en el interior del sifon, dejando espacios ú orificios para el paso de los vasos sanguíneos á la membrana de las cavidades aéreas. En el actinoceras gigante carbonífero estos orificios forman una cruz en el lecho ventral del sifon. La vascularidad de la membrana se distingue bastante bien en la impresion de los tabiques, en las finas superficies de la roca de Ludlow, á menudo confundidas con la espongiaria, á la que se asemejan.

Hácia la terminacion de su crecimiento, las cavidades aéreas de los orthoceras adquieren á menudo mas profundidad, y el sifon disminuye de tamaño. Estas modificaciones van acompañadas de una disminucion, ó de la desaparicion de la estructura radiada interna en la última parte del sifon.

En el orthoceras bisipleonatum (tetroceras de Salter), la cavidad donde se aloja el cuerpo se prolonga en forma de un lóbulo marginal que simula un segundo sifon. El género bactrites, de Sandberger, se asemeja á un orthoceras con suturas sencillamente lobuladas.

AMMONITIDOS.—En la division ó grupo de conchas celulares, con suturas lobuladas y sifon marginal ó dorsal, encontramos una serie semejante de formas, rectas, espirales y discoideas; pero mas variadas y con mayor número de adornos.

En los terrenos devónico, carbonífero y triásico, existe un importante género, el de los goniatites (fig 29, 10), que se asemeja constantemente á las jóvenes formas de los ammonites, teniendo las suturas lobuladas, pero no foliáceas; rara vez exceden de diez pulgadas de diámetro, y son por lo regular mas pequeñas.

Los ceratites se distinguen por tener los lóbulos de las suturas ondulosos, dentadas y sencillas las curvas dirigidas hácia la abertura. Encuéntranse en el trías de Europa, del Tibet y de la América del sur, apareciendo otra vez, aunque escasamente, en el horizonte cretáceo de Francia y Siria (1), circunstancia del todo anómala en la historia de la distribucion geológica de la vida. Muchos ammonites, si no todos, se asemejan á los ceratites cuando jóvenes.

La seccion del ammonites obtusus demuestra bien la extension de la última celda de la concha, y los efectos de la influencia de la materia animal del cefalópodo en decadencia sobre las partes susceptibles de fosilizarse despues de la muerte. La arcilla liásica ha penetrado hasta donde lo permitian las partes blandas contraidas del ammonites, y el molusco descompuesto fué parcialmente sustituido por cristales de espato calizo puro y á veces trasparente. El espato, que se ha infiltrado mas lentamente por los poros de la concha hasta las cavidades aéreas, tiene un tinte pálido. Tambien se han observado en varios ejemplares casos del deterioro y reparacion de la concha. En el ammonites goliathus, de la arcilla de Oxford, una parte de aquella se habia roto en vida del animal, durante el período en que constituia la cavidad habitable, y fué recompuesta por nueva materia anacarada, observándose la falta de estructura ligamentosa de la concha que se formó primitivamente.

Las especies de ammonites exceden de quinientas, y su dispersion es co extensiva con la de las rocas secundarias. Encuéntranse en toda Europa, en el Cabo, en Kamtschatka,

(1) En el horizonte neocómico de Alcalá de Chisvert, encontré años atrás un ammonites con los lóbulos muy marcados de ceratites.
(*N. del T.*)

en el Tibet y en el sur de la India. Faltan en una extensa área de los Estados Unidos; pero hállanse en el terreno cretáceo de Nueva Jersey, en el Missouri, y en las islas de la India oriental, así como tambien en Chile y Bogotá.

Las secciones en que se ha dividido por conveniencia este grupo sumamente natural, están poco bien definidas, y

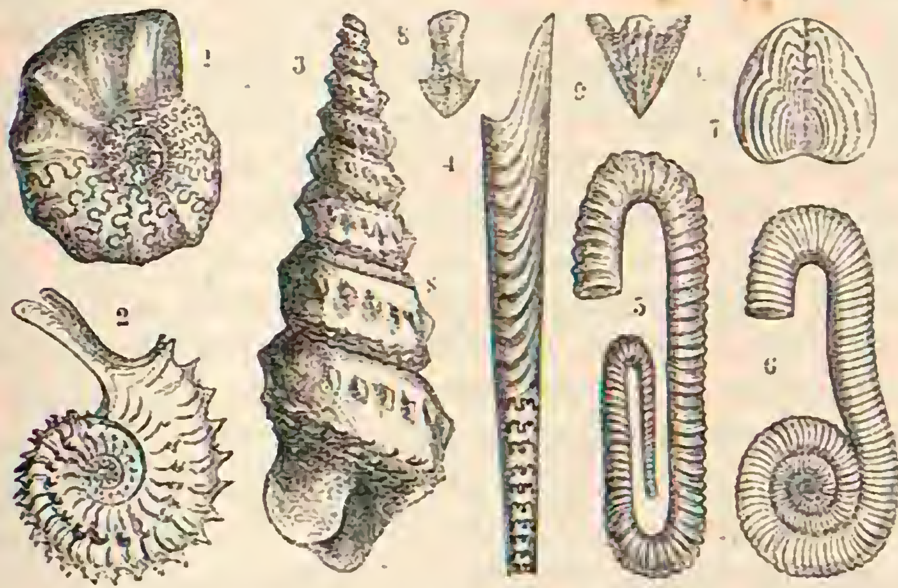


Fig. 30

1 Ceratites nodosus, Brug.; Muschelkalk de Baviera
2 Ammonites Duncani (spinosus, Sby.); Arcilla de Oxford
3 Turrilites Mantelli, Sharpe; Creta de Lewes
4 Baculites anceps, Lam.; Creta superior de Normandía
5 Hamites attenuatus, Sby.; Gault de Folkestone
6 Scaphites Joanii, Puzos; Neocómico de Francia
7 (Trigonellites ó Aptychus), Opérculo de Ammonites
8 (Rhyncholites hiruudo), mandíbula superior del Nautilus arietis, Rein; Muschelkalk
9 Mandíbula inferior del Conchorynchus avirostris

ni aun pueden considerarse como sub-genéricas. El grupo llamado cassiani, que caracteriza el período triásico, es notable por las suturas muy lobuladas y foliáceas, circunstancia mas importante, porque se trata del mas antiguo grupo, y por el hecho de estar asociado con ceratites, los últimos goniatites que existieron y orthoceras. Abundan en la caliza alpina de San Casiano, y Halstat, en Austria. Un segundo grupo, el de los arietes, marca el período liásico; abundan menos en las oolitas, y están representados en la arenisca verde por los cristati. Los arietes pasan por muchas formas intermedias hasta tomar la de los falciferi, como se observa en el A. serpentinus; son tambien característicos del lias superior, y están representados por algunas especies de disci en las oolitas.

Las amalteas, cuyas especies típicas son el A. spinatus y margaritatus, abundan en el lias medio y superior, y otra vez en las oolitas (p. e. A. cordatus y excavatus); sucédenles los rotomagenses en la creta, siendo gruesos ammonites con una línea de tubérculos.

Los ammonites con dorso acanalado (colliciati) están representados en el lias por el A. anguliferus, en las oolitas inferiores por el A. Parkinsoni, en la oolita media por el A. anceps, y en el terreno cretáceo por numerosas especies, entre las cuales citaremos el A. serratus, lautus y falcatus, notables por su elegante forma.

De las especies con dorso mas ó menos cuadrado, el armatus y el capricornus se hallan en el lias, y el athleta y perarmatus en el Oxford; pero las formas oolíticas que tienen el dorso cuadrado, y provisto de dos series de espinas cuando jóvenes, como los Goweri, Duncani (fig. 30, 2) y Jason, llegan á redondearse luego, y no están armadas en la edad avanzada.

Los ammonites de dorso redondo abundan en el lias y en las oolitas: el anulatus, de figura de culebra, el coronatus, provisto de espinas, y fimbriatus, con sus franjas que le sirven de adorno, fueron considerados como tipos de pequeños grupos. Otra division mas importante, la de los ligati, se distingue por sus espinas casi suaves, entre las que se ven á intervalos ciertas contracciones: ejemplo de ello tenemos en el A. tatricus y otras especies relacionadas con los heterófilos, así como en muchos ammonites neo-cómicos y en el A. planulatus de la creta inferior.

Estas contracciones, que suelen ir acompañadas de un ligamento prominente, indican sin duda períodos de descanso, en que el ammonites dejó de crecer durante algun tiempo; reconócense en especies que corresponden á otros grupos; pero, por lo regular, todas las indicaciones desaparecen por el sucesivo crecimiento. Se ha discutido sobre si los apéndices laterales del ammonites Duncani (fig. 30, 2) se forman y desaparecen periódicamente, ó si son peculiares de los individuos adultos, marcando la terminacion del crecimiento exterior. La primera conclusion es la mas probable por analogía, pues se observa este carácter en las conchas pequeñas aparentemente jóvenes, y no en las adultas, de gran tamaño, excepto, no obstante, las espinas del argonauta vivo.

Sowerby observó que los ammonites eran mas bonitos hácia la mitad de su crecimiento; y que los caractéres de adorno, menos desarrollados en los individuos jóvenes, desaparecian en los adultos.

En los ammonitidos se observan tantas variedades de forma, como las que ofrecen los nautilidos paleozóicos. El baculites (fig. 30, 4), con su concha recta, es característico de la creta superior; el turrilites, que afecta la figura espiral, abunda en los horizontes medios del propio terreno. La con-

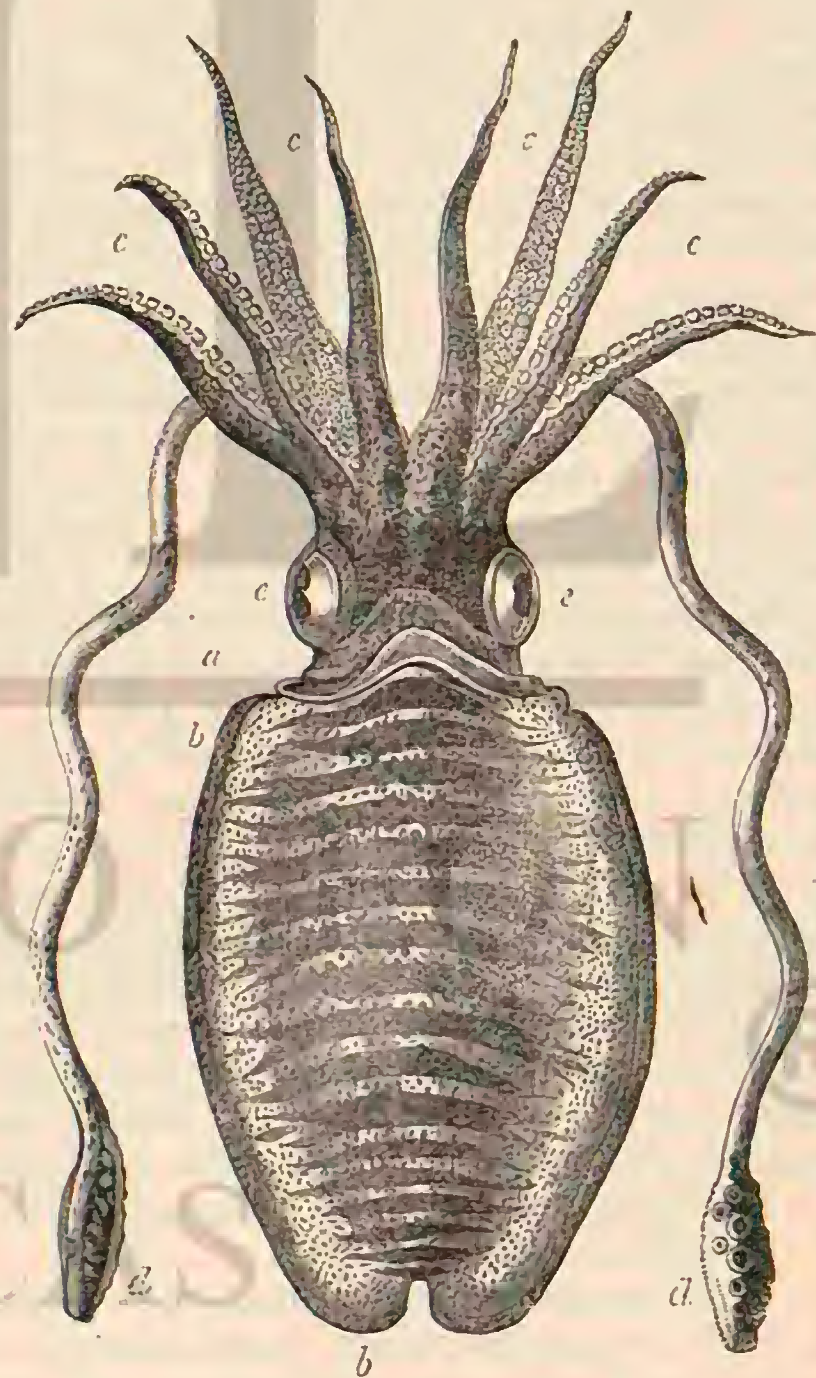


Fig. 31.—SEPIA OFFICINALIS

cha del hamites es igualmente recta, pero se dobla sobre sí misma despues de cierto espacio, constituyendo como un gancho sencillo ó complejo. El toxoceras se encorva como

un arco; en el crioceras, las vueltas discoideas están separadas; y en el scaphites (incluso los ancyloceras) la concha, compacta al principio como un ammonites, se ensancha despues como en el crioceras, estrechándose hasta el fin; el helicoceras se distingue por su elevada espira.



Fig. 32.—ARGONAUTA

De estas formas, únicamente los ancyloceras se encuentran en los oolitas; todas las demás son cretáceas, y las mas abundan en los distritos alpinos del sur de Francia.

ÓRDEN II—DIBRANQUIOS

Las especies de este órden se caracterizan por tener un par de branquias; el tubo es entero; el manto es muscular; existe un saco para la sepia; los ojos son sentados; el pico córneo; y la concha interna, excepto en las hembras del género argonauta.

Los órganos cefálico-prensiles, comparados con los del nautilus, figuran en número mucho mas reducido; los externos, que se continúan desde el aparato bucal, no exceden de ocho, segun se ve en la figura 31 *c*, pero á ellos se agregan, en los mas de los géneros, dos tentáculos internos mucho mas largos, *d*. Los brazos, bastante mayores, y de mas complicada estructura, están provistos en la superficie interna de numerosos chupadores, y algunas veces se relacionan entre sí por una poderosa membrana muscular. Los ojos, muy grandes y complejos, no son ya pedunculados, sino que se alojan en unas órbitas (fig. 31 *e e*); la boca está armada de dos maxilas huesosas y cortantes, que se parecen por su figura y sus movimientos verticales á las del nautilus. Las branquias, en número de dos, tienen cada una un ventrículo, expresamente á propósito para la circulacion branquial. El sifon (fig. 32 *f*) es un tubo completamente muscular. Los dibranquios tienen una glándula y un receptáculo membranoso para segregar y expeler el flúido que llaman comunmente tinta. Los órganos sexuales están en distintos individuos, como en el órden de los tetrabranquios. Todas las especies son acuáticas y marinas.

El órden de los dibranquios se subdivide en dos tribus; las especies de la una están provistas de ocho brazos ordinarios (fig. 31 *c*) y de los dos tentáculos mas largos *(d)*, por lo cual han recibido el nombre de decápodos; la otra tribu carece de aquellos, y se la dió el calificativo de octópodos (fig. 32, 1, 2, 3, 4).

La varias formas de las especies extinguidas de belemnitidos, constituyen una familia en la tribu de los decápodos. La pequeña spírula, caracterizada por su concha celular interna, aunque menos compleja, representa el tipo de una segunda familia; la sepia (fig. 31), conocida por su concha interna caliza que remotamente representa la del belemnites, es el tipo de una tercera familia de los decápodos, designada con el nombre de sépidos. El calamar comun (loligo), en el que la concha interna queda reducida á una lámina córnea, representa la cuarta y mas extensa familia de la presente tribu, que llaman de los teutidos, y en la que un género, el de los enoploteutis, tenia la carúncula de su acetábulo en forma de garras córneas. En todos los decápodos el manto está provisto de un par de aletas, y el sifon tiene por lo regular una valva.

Rara vez en la tribu de los octópodos se desarrollan las aletas del manto; pero los ocho brazos ordinarios son mas largos y gruesos, y están unidos entre sí por una membrana mas ancha que constituye un poderoso órgano para nadar hácia atrás. Una familia de esta tribu, la de los testáceos, está representada por el género argonauta (fig. 32), en el que las hembras tienen los brazos del primer par dilatados en su extremidad, en forma de una ancha y delgada membrana, semejante al manto de los moluscos testáceos. Por medio de estas membranas, el animal construye una concha simétrica, sumamente ligera, flexible y elástica, aunque caliza, concha sencilla ó que no se divide en compartimientos; la parte desocupada comunica con lo restante, y el animal la utiliza para depositar los huevos. Aun no se ha descubierto ningun fósil auténtico homólogo de semejante concha.

De las dos grandes divisiones de moluscos cefalópodos, la que está representada hoy dia por el nautilus perlado se desarrolla con gran profusion y variedad en los períodos paleozóico y secundario; mientras que los demás no se han hallado en rocas mas antiguas que el lias; las cien especies, poco mas ó menos, descubiertas hasta aquí en toda la serie secundaria y en la terciaria, representan solo la mitad de las que actualmente viven.

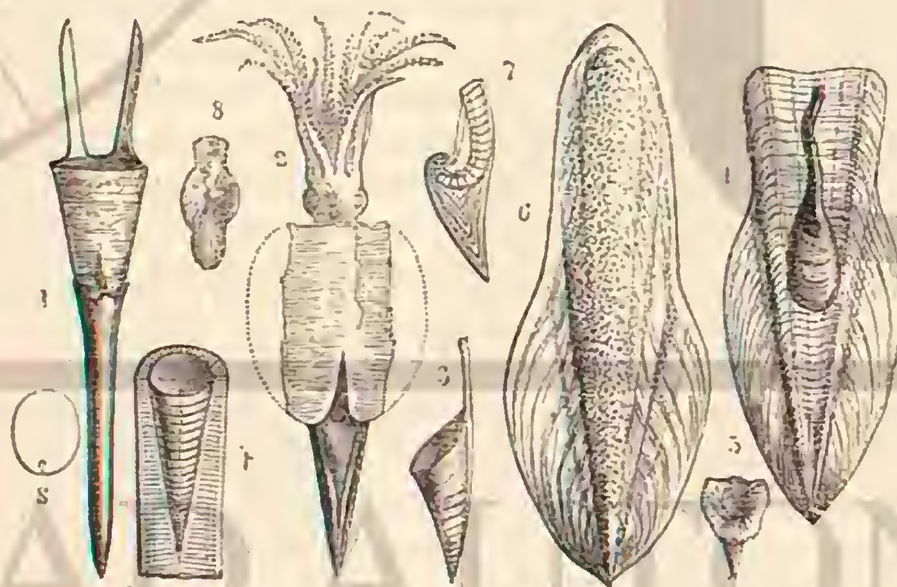


Fig. 33

1 Belemnites Owen, Arcilla de Oxford, de Chippenham; *p*, fragmocono de estructura fibrosa; *s*, tabique con el sifon marginal
2 Acanthoteuthis antiquus, (Cunnington); Arcilla de Oxford
3 Conoteuthis Dupinii, D'Orb.; Gault, Folkestone
4 Geoteuthis Bollensis, Schubler; Lias de Wurtemberg
5 Sepia Cuvieri, Dsh.; Eoceno de Bracklesham
6 Coccoteuthis latipinnis, Ow.; Jurásico de Kimmeridge
7 Spirulirostra Bellardii, D'Orb.; Mioceno de Turin
8 Beloptera belemnitoidea, Bl.; Eoceno de Bracklesham

Los sépidos están representados en la oolita media y superior por el género coccoteuthis (fig. 33, 6), cuyo hueso fuerte y granulado está provisto de expansiones laterales mas anchas que en las recientes especies. En los mas antiguos terciarios de Lóndres y Paris existieron al parecer muchas especies de sepia; pero no suele conservarse por lo regular

sino la punta sólida de la concha (fig. 33, 5). En el mioceno terciario de Malta no es raro encontrar uno de estos restos; y en Turin se ha descubierto una notable forma (spirulirostra, fig. 33, 7), en que el ápice ó punta presenta una cavidad dividida, semejante á la concha del spírula. En el eoceno terciario existen otros dos géneros, beloptera (fig. 33, 8) y belemnosis, muy imperfectamente conocidos por escasos ejemplares rotos.

En las calizas arcillosas del lias, y en las oolitas superiores de Solenhofen, se encuentran á menudo restos de calamares (teutidos), que consisten generalmente en conchas rudimentarias; algunas son delgadas y presentan un pequeño apéndice cónico (plesioteuthis); mientras que otras son anchas y terminan en punta en las extremidades (beloteuthis). La forma mas comun tiene la cavidad bastante ancha, con un ribete anacarado, y suele encontrarse tambien el saco de la sepia bastante bien conservado (geoteuthis, fig. 33, 4). Agassiz y Buckland dieron á estos el nombre de belemnosepia, suponiendo que pertenecian al mismo animal que el belemnites. En el leptoteuthis, de Myr, la extremidad posterior de la concha rudimentaria aparece truncada; en el celœno forma un delgado pico que sirve de apoyo á una ancha placa oval. Una especie, el mastigophora brevipennis, parece haber tenido los ocho brazos ordinarios en forma de apéndices filamentosos.

En la arcilla de Oxford, cerca de Chipenham, se ven ejemplos semejantes de las partes blandas conservadas de una familia extinguida de dibranquios (belemnitidos), encontrándose no solamente el saco de la tinta, sino tambien el manto muscular, las aletas terminales rómbicas, y la base de los brazos, con sus diminutos ganchos y vestigios de mandíbulas. En el lias de Watchett se han descubierto brazos córneos, como los del calamar onichoteuthis, dispuestos en dobles series, y algunas veces aparecen en gran número entre los restos coprolíticos del ictiosauro. Los mas notables ejemplares de esta especie se conservaban en las calizas litográficas de Solenhofen, demostrando que los extinguidos calamares tenian diez brazos casi iguales; los tentáculos, contraidos, no se distinguian de lo demás; pero en cada uno se contaban de veinte á treinta pares de formidables ganchos. Las pruebas que aun se necesitaban para reconocer la naturaleza de este animal se obtuvieron con los fósiles de Chipenham, que probablemente son de idéntico género y especie que los acanthoteuthis descritos por Munster. Uno de estos extraordinarios fósiles, mas antiguo que la formacion de la creta y las oolitas superiores, está representado en la figura 33, 2, reducido á una sexta parte del tamaño del original que existe en el Museo británico. Consérvanse nueve de los brazos, las láminas escleróticas de los ojos, la base de las anchas aletas laterales, el pequeño saco de la sepia y la concha cónica; esta concha, dividida en compartimientos interiormente como en el belemnites (fig. 33, *p*), tiene una especie de estuche exterior de estructura fibrosa, de un cuarto de pulgada de grueso en la extremidad, ofreciendo además dos líneas convergentes en el lado dorsal, siendo la superficie externa córnea. Estas conchas de celdillas aparecen en gran número, y demuestran evidentemente la íntima afinidad de ciertos cefalópodos con los verdaderos belemnites. Hasta aquí no han sido observadas sino en la arcilla hojosa de Oxford, y en las capas litográficas equivalentes de Solenhofen.

Las especies de belemnites se encuentran en todos los horizontes oolíticos y cretáceos, desde el lias mas inferior hasta la creta superior. La concha, en su imperfecto estado ordinario, consiste en un cilindro puntiagudo en uno de sus extremos (fig. 33, 1), y truncado ó excavado por una especie de cavidad en forma de tubo (alvéolo) en el otro; tiene una estructura radiada fibrosa, con láminas de crecimiento concéntricas, menos marcadas; pero aun en este carácter se observan tan notables modificaciones de forma, que cerca de cien especies se han fundado solo sóbre él. Los belemmites de la creta superior han sido llamados belemnitellas (Orbigny), porque tienen una hendidura en el lado ventral del borde alveolar del escudo; la superficie externa presenta tambien vestigios mas marcados de impresiones vasculares.

Se han descubierto ejemplares de belemnites en los que el escudo se habia roto en vida del animal; pero como las porciones fracturadas se mantenian unidas por los tegumentos organizados, soldáronse por la sobreposicion de nuevas capas de estructura fibrosa. En el Museo británico se conservan varios ejemplares que tuvieron la punta deteriorada, siendo luego recompuesta. En todos los belemnites perfectos, el alvéolo está ocupado por un fragma-cono, con delicados tabiques anacarados, terminando en una pequeña punta globular, perforada por un sifon ventral; la última cavidad no suele conservarse, pareciendo haberse reducido á una especie de estuche córneo, que presenta á veces dos fajas perladas, semejantes á hojas de cuchillo en el lado dorsal: debió ser suficientemente capaz para contener todas las vísceras. Muy rara vez se ha encontrado el saco de la sepia, que es mas pequeño, y parece estar en relacion con el mayor desarrollo de la concha.

El conoteuthis (fig. 33, 3), tiene un fragma-cono oblicuo, con una concha muy delgada, y parece haber estado fijo á un estilo.

Mr. Dana ha descrito, con el nombre de Helicarus Fugiensis, un fósil belemnitoidéo de la roca pizarrosa del cabo de Hornos; tiene media pulgada de diámetro, y un escudo grueso y fibroso, terminando el fragma-cono en un núcleo fusiforme espiral.

Hé aquí ahora y por vía de complemento una lista de los géneros de moluscos extinguidos:

BRAQUIÓPODOS. — Trigoncsemus, lyra, magas, rhynchora, zellania, stringocephalus, meganteris, spirifera, cyrtia, snessia, athyris, merista, Retzia, uncites, camarophoria, parambonites, pentamerus, atrypa, anoploteca, orthis, orthisina, strophomena, Koninckia, Davidsonia, calceola, productus, chonetes, aulosteges, strophalosia, trematis, siphonotreta, obolus.

CONCHÍFEROS. — Gryphæa, exogyra, limanomia, carolia, placunopsis, neithea, eligmus, pteroperma, aucella, ambonychia, cardiola, eurydesma, pterinea, monotis, posidonomya, aviculopecten, Gervillia, streblopteria, pulvinites, inoceramus, trichites, myalina, orthonotus, modiolopsis, hoplomitilus, macrodon, isoarca, Bakewellia, nuculina, uncinella, cucullea, ctenodonta, myophoria, axinus, lyrodesma, diceras, monopleura, requienia, hippurites, radiolitis, caprinella, caprina, caprotina, lithocardium, conocardium, corbicella, sphæra, unicardium, Tancredia, volupia, pleurophorus, myoconcha, anthracosia, megalodon, pachydomus, pachyrisma, cleobis, mæonia, opis, cardinia, hippopodium, megaloma, Grateloupia, Sowerbya, Quenstedtia, goniophora, Redonia, cercomya, myacites, goniomya, grammysia, ceromya, cardiomorpha, Edmondia, Ribeiria.

GASTERÓPODOS. — Bellerophon, porcellia, cyrtolites, ecculiomphalus, rimella, hippocrema, alaria, spinigera, amberlya, leiostomus, strepsidura, purpurina, columbellina, Borsonia, conorbis, euspira, naticopsis, globulus, Deshayesia, loxonema, macrochilus, diastoma, nerinæa, brachytrema, ceritella, Vicarya, scoliostoma, proto, holopeila, catantostoma, naticella, platyceras, metoptoma, hypodema, Deslongchampsia, evomphalus, Crossostoma, phanerotinus, serpularia, dis-

cohelix, platystoma, ophileta, pleurotomaria, Murchisonia, polytremaria, cirrus, trochotoma, platyschisma, scalites, rhaphistoma, holopea, Maclurea, neritoma, dendropupa, pileolus, helminthochiton, lichnus, velates, Ferussina, cylyndrites, acteonina, acteonella, cinulia, globiconcha, varigera, tylostoma, pterodonta, volvaria, chilostoma, vaginella, theca, pterotheca, conularia.

CEFALÓPODOS.—Aturia, discites, nautiloceras, trigonoceras, temnochilus, lituites, trocholites, trochoceras, clymenia, orthoceras, camaroceras, huronia, actinoceras, discosorus, gonioceras, tetroceras, apioceras, gomphoceras, phagmoceras, cyrtoceras, gyroceras, ascoceras, goniatites, bactrites, ceratites, ammonites, crioceras, toxoceras, ancyloceras, scaphites, helicoceras, turrulites, hamites, ptychoceras, baculites, mastigophora, teuthopsis, celaeno, beloteuthis, geoteuthis, belopeltis, plesioteuthis, leptoteuthis, belemnites, acanthoteuthis, helicerus, conoteuthis, coccoteuthis, belosepia, spirulirostra, beloptera, belemnosis.

VERTEBRADOS

Existe una enorme masa de sedimentos originariamente compuestos de cieno, arena ó guijarros, fondos sucesivos de un primitivo mar, derivada de las rocas pre-existentes que no ha sufrido ningun cambio por el calor, y en la cual no se ha descubierto todavía ningun vestigio de la vida orgánica. Estos lechos, que no son fosilíferos, ni cristalinos, pero que participan de ambos, constituyen en todos los paises donde han sido examinados, las rocas fundamentales sobre que se apoyan y levantan los mas antiguos estratos silúricos.

Bien suponga esto la existencia de abismos oceánicos á donde nunca llegaron los restos de séres vivientes, ó ya indique en realidad el período anterior al principio de la vida en este planeta, esta es una cuestion de la mayor importancia é interés que exige mas detenidas observaciones antes de poder pronunciarse sobre este punto con alguna seguridad.

Ya hemos visto qne todos los tipos de los animales invertebrados tienen representantes en los depósitos estratificados que se designan con los nombres de cámbrico y silúrico inferior. En las rocas de este último período, en Rusia, se hallaron pequeños cuerpos cónicos á los que se dió el nombre de conodontes, huecos en la base, puntiagudos, mas ó menos arqueados, y de bordes cortantes, que podrian muy bien ser dientes linguales de gasterópodos, ganchos de cefalópodos, ó dientes de peces cartilaginosos. A esta última hipótesis se opone el diminuto tamaño de los conodontes, que presentan láminas concéntricas y cónicas de una sustancia densa sin estructura, que contiene pequeños núcleos ó celdillas.

En algunos ejemplares, la base se proyecta bruscamente, separándose del cuerpo del gancho por una contraccion, forma desconocida en los dientes de los peces; pero que ofrecen ciertos dientes linguales de gasterópodos, como se observa en los laterales de la sparela. En otros conodontes, la base prolongada es denticular ó aserrada, como en los dientes laterales del buccinum y del chrysodomus. No es probable, sin embargo, que pertenezcan á ningun molusco conchífero dentado, pues las conchas de estos no se hallan en el depósito donde los conodontes abundan mas.

Los mas pequeños ganchos tienen un color amarillento transparente, y de aspecto córneo; los mayores, y acaso los mas antiguos, ofrecen un tinte blanquizco y parecen mas sólidos. Al analizarlos Pander, obtuvo carbonato de cal, ácido carbónico emitido por la aplicacion del ácido nítrico diluido, y ácido oxálico que dió un precipitado. Algunos químicos ingleses creyeron que los conodontes contenian un vestigio de fosfato de cal.

Al comparar los conodontes con dientes de peces, ofrecen gran semejanza con los diminutos dientes cónicos encorvados de las especies del género rhinodon de Smith; y mas remotamente se parecen á los cónicos puntiagudos y córneos de los mixinoides y lampreas; la carencia de toda otra parte dura en el horizonte que contiene los conodontes conviene con el carácter del esqueleto cartilaginoso. Los rhinodones tienen dientecitos en forma de cepillo, de una forma sencilla cónica encorvada: cuéntanse de doce á trece en cada hilera vertical, y como hay unas doscientas cincuenta series en cada mandíbula, resulta que cada pez puede tener de seis mil á siete mil dientes. Sin embargo, los del rhinodon difieren de muchos conodontes, no siendo tan extensos en su base; y los de todos los ciclostomos conocidos, además de ser mucho mas grandes, son mas gruesos y menos variados por su forma que en los conodontes. Ciertas partes de los crustáceos pequeños, como por ejemplo el pigidio ó cola de algun diminuto entomostráceo, se asemejan por su forma á los mas sencillos conodontes; pero cuando vemos que estos cuerpos se encuentran á miles, desprendidos, con bases enteras, y que rara vez se ha descubierto en los lechos de conodontes del silúrico inferior ninguna parte del caparazon ó concha de un entomostráceo ú otro crustáceo, es por demás improbable que puedan haber pertenecido á un organismo protégido por una sustancia tan susceptible de conservacion como la suya. Mucho mas admisible es suponer que el cuerpo á que estaban fijos los pequeños ganchos era tan soluble y perecedero como la pulpa blanda á que se adhirió el conodonte. Como quiera que sea, es muy de desear que se reconozca si esos pequeños cuerpos ambiguos de las mas antiguas rocas fosilíferas son ó no restos de peces.

CLASE I—PECES

ÓRDEN I—PLAGIOSTOMOS

(TIBURONES, RAYAS)

CARACTÉRES.—Endo-esqueleto cartilaginoso, ó en parte osificado, exo ó dermato-esqueleto placoideo, branquias fijas, con cinco ó mas aberturas; arco escapular desprendido de la cabeza; intestino con valva espiral.



Fig. 34.—CENTRISCUS HUMEROSUS

El mas antiguo resto que se ha obtenido de un animal vertebrado en la corteza terrestre consiste en una espina, de la naturaleza de la dorsal del acanthias, y en un escudo como el del pez placoganoidéo; una y otro se encontraron en los mas recientes depósitos del período silúrico, en la formacion llamada roca superior de Ludlow. El descubrimiento

de la primera se debe á Murchison, y su determinacion á Mr. Agassiz, quien la atribuye á un género de peces plagiostomos cartilaginosos que designa con el nombre de onchus. El escudo fué descubierto por Mr. Banks en los lechos de Kington, en Heriford, y parece corresponder al género pteraspis de Knorr.

Las espinas de los onchus halladas en los bancos superiores de Ludlow son comprimidas, ligeramente encorvadas, de menos de dos pulgadas de largo, sin ninguna señal en su base de la articulacion característica de las espinas dorsales de los ganoidéos, de la familia de los silúridos ó balístidos. Los lados de las espinas están finamente acanalados, y presentan ligamentos de forma redondeada, atribuyéndose aquel á dos especies, al onchus Murchisoni y al onchus semistriatus. Mr. Egerton figuró últimamente otra especie, procedente

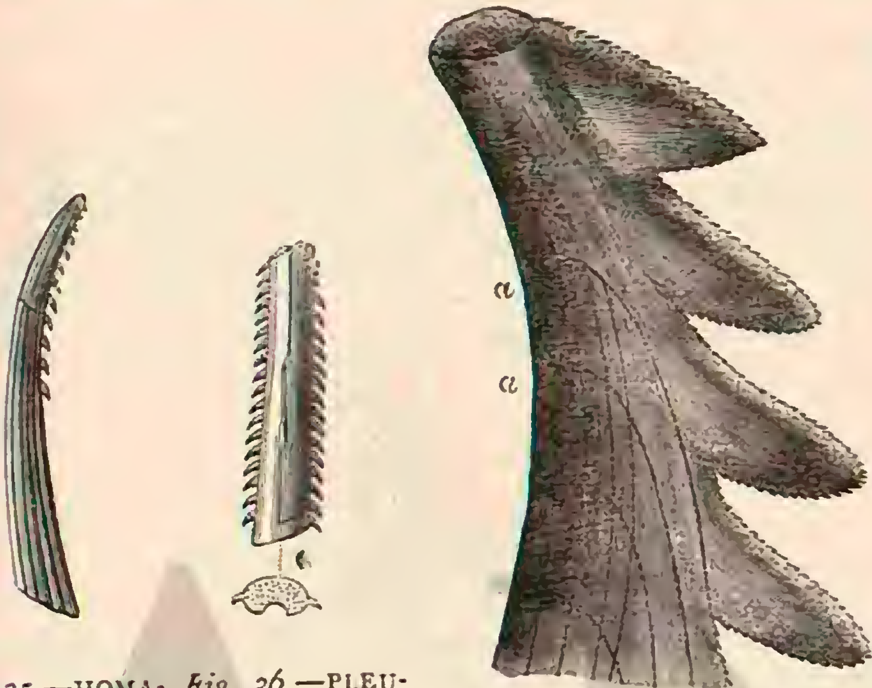


Fig. 35.—HOMACANTHUS ARCUATUS (*Devónico de Rusia.*) *Fig. 36.*—PLEURACANTHUS LEVISSIMUS (*Carbonífero de Dudley*) *Fig. 37.*—PORCION DE UNA ESPINA DEL EDESTES (*Carbonífero de Indiana*)

de lechos arcillosos de Ludlow, que se arquea mas y está armada á lo largo del borde posterior; los ligamentos longitudinales, muy finos y numerosos, se contraen á intervalos, como en el género ctenacanthus, llegando á ser sub-tuberculados en la base. Dicho autor cree que corresponden á un género distinto del de los peces semejantes á los tiburones; y podemos inferir que coexistió una especie mayor y mas poderosa, de cuyos ataques se podia preservar así el onchus.

En la misma antigua formacion se encuentran con las espinas dorsales del onchus porciones petrificadas de piel tuberculosa y áspera, como la del tiburon, que se supone propia de un género denominado sphagodus; tambien hay cuerpos coprolíticos de fosfato y carbonato de cal, que contienen partes reconocibles de pequeños moluscos y crinoideos, los cuales habitaron en el fondo del mar en compañía del onchus. No se han descubierto en los lechos silúricos vértebras ú otras partes del endo-esqueleto de un pez, á no ser que se consideren como verdaderas mandíbulas dentadas los fragmentos de una porcion huesosa provista de dientecitos, y á la cual se dió el nombre de plectrodus. Sin embargo, parecen mas bien fragmentos de patas de crustáceos, y no ofrecen una evidencia tan satisfactoria como las espinas de los onchus, y la piel de los sphagodus. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que los dientecillos son confluentes con un reborde exterior del hueso, conforme al tipo pleurodonte; y que los grandes dientes son acanalados longitudinalmente.

Si los plectrodontes son mandibulas con dientes anquilosados, pertenecen á un órden distinto del de los plagiostomos; y si correspondiesen á cualquiera de los peces indicados por las espinas dorsales y la piel del sphagodus, tendríamos el ejemplo de una combinacion de caractéres no conocida en otras formaciones ni en pez alguno existente. Pueden pertenecer al pteraspis, especie de placoganoidéo afine al cephalaspis, cuyo escudo cefálico se encontró en los bancos de Ludlow. En las formaciones que presentaron estos primitivos restos de animales vertebrados no se encontraron jamás dientes que se pudieran atribuir con certeza á un género de plagiostomos, ni tampoco ninguna escama de un pez verdaderamente ganoidéo. Siendo tan inmensa la extension vertical de los sedimentos que contienen cefalópodos, gasterópodos, lamelibranquios, braquiópodos, crustáceos, entomostráceos, crinoideos, pólipos y protozoos, podrá preguntarse ahora cuales fueron las causas que impidieron la conservacion de las partes fosilizables de peces, dado que esta clase de animales vertebrados existiese en un número y variedad de formas solo comparable con la de los séres que pueblan el océano actual. Los bonitos persiguen ahora á los peces voladores en las regiones superiores de un océano tan profundo como cualquiera de los mares silúricos, cuyos depósitos dan una idea de la mayor profundidad. Si los peces de costumbres análogas á las de las especies de hoy dia, sea cual fuere la diferencia de forma en que se manifestaron, hubieran realmente existido, pudiéramos razonablemente esperar el hallazgo de los restos de algunas de las innumerables generaciones que se sucedieron durante un período de tiempo, harto suficiente para la gradual formacion de lechos de sedimento de miles de piés de espesor.

De todos modos, proseguiremos aquí el estudio de los restos de peces plagiostomos que ofrecen las espinas fósiles. En los mas de los peces cartilaginosos actuales de este órden la espina recta que llevan frente á la aleta dorsal es suave, segun se observa en los espinácidos, que presentan delante de cada una de ellas una espina. En los cestraciontidos, dicha espina es huesosa, y está armada á lo largo de su borde cóncavo de otras que se encorvan; la aleta se comunica con este borde, y sus movimientos se regulan por la elevacion ó depresion de la espina durante la accion rotatoria peculiar del cuerpo del tiburon.

Ciertos peces óseos están armados de un modo análogo, pudiendo servir de ejemplo los gasterosteos, los silúridos, los balistas, y algunas especies de fistuláridos. En esta última familia el centriscus humerosus (fig. 34) presenta una espina dorsal dentada por detrás, pero la base de aquella en los peces óseos se modifica particularmente por la articulacion con otro hueso. En los plagiostomos, la base de la espina es hueca; se adelgaza cuando el cuerpo de esta presenta dibujos, y en la especie reciente está implantada en la carne.

He aquí ahora los géneros de peces plagiostomos que se han fundado por las espinas fósiles descubiertas en la serie devónica: onchus (representado por O. semistriatus y O. heterogyrus), dimeracanthus, haplacanthus, narcodes, naulas, byssacanthus, cosmacanthus, homacanthus (fig. 35), ctenacanthus, parexus, y odontacanthus.

El género homacanthus se funda en unas pequeñas espinas comprimidas, con finos dientecitos encorvados en el borde dorsal, y estrías longitudinales á los lados. Los ejemplares de homacanthus arcuatus (fig. 35), se hallaron en formaciones devónicas cerca de San Petersburgo.

El terreno carbonífero comprende las pizarras, la caliza de montaña, la arenisca y las capas de carbon. En estas series está representado aun el género onchus por el O. sulcatus, O. rectus y O. subulatus; el género homacanthus por H. macrodus y H. microdus, de la caliza carbonífera de Armagh. Los ctenacanthus son comunes en los períodos devónico y carbonífero. La espina del pleuracanthus (fig. 36) es denti-

culada en ambos bordes, estructura que se observa en los plagiostomos existentes, aunque solo en especies de la familia de las rayas; pertenece á una forma extinguida, con la que ofrece acaso mas semejanza el escuatino de nuestros dias; pero el pleuracanthus diferia de todas las modernas rayas espinosas por tener la espina fija en el occipucio ó cerca de él. La espina fósil encontrada en los Estados Unidos (fig. 37) es notable por la anchura de los dientes marginales, y su íntima semejanza con los dientes del carcharias, siendo los bordes finamente denticulados. Al profesor Hitchcock, del colegio de Amherst, en los Estados Unidos, debemos la oportunidad de haber examinado este fósil singular, que dió primeramente á conocer Mr. Leidy, quien le consideraba como una parte de mandíbula de tiburon, por lo cual propuso se le diese el nombre de *edestes* (devorador). Si nuestras apreciaciones son exactas, dicho fósil formó parte de un pez mas susceptible de ser devorado que de exterminar á los otros, y que necesitaria estar muy bien protegido para defenderse de los tiburones contemporáneos. Las verdaderas mandíbulas y dientes del edestes pueden ser descubiertas algun dia, y darán luz acerca de sus costumbres y afinidades. Los otros géneros de plagiostomos, basados sobre espinas



Fig. 38.—HYBODUS SUBCARINATUS (*Weáldica*)

fósiles del terreno carbonífero, son los siguientes: oracanthus, gyracanthus, nemacanthus, cosmacanthus, leptacanthus, homacanthus, trystichius, asteropterychius, physonemus, sphenacanthus, platyacanthus, dipricanthus, erismacanthus, orthacanthus, cladacanthus, lepracanthus.

Inmediatamente sobre las capas carboníferas existen series variables de arenas y arcillas de distintos colores, y encima de ellas delgadas capas de pizarra margosa, que contiene escasos restos de peces, los cuales abundan mas y ofrecen mejor estudio en las capas superiores de caliza magnésica, en cuya formacion, cerca del Belfast, se han hallado espinas fósiles del género gyropristis. Mas arriba están las areniscas rojizas, en las que se han descubierto, en Westow, otras espinas muy semejantes, si no idénticas á las del gyracanthus formosus. Todas estas formaciones constituyen las mas superiores series paleozóicas que se llaman pérmicas.

El trias comprende tambien una variada serie de arenas rojas y blancas, margas y conglomerados, que constituyen colectivamente el terreno así llamado. Las espinas fósiles que en él se encuentran corresponden á los géneros nemacanthus, leiacanthus é hybodus. En el lias, que es la formacion mas antigua ó mas inferior del gran terreno oolítico, hay anchas espinas dorsales del hibodus reticulatus, del H. medius, y tambien del H. pyramidalis, pero este último género está representado por dientes desprendidos en el horizonte osífero. En las formaciones del lias se observa que las espinas dorsales y aletas del hibodus eran en número de dos, reconociéndose que el género, así por la estructura de la espina como por la forma de los dientes, tenia las mas íntimas afinidades con el cestracion entre los plagiostomos vivos. El hibodus continúa representado por sucesivas y diversas formas específicas hasta el período cretáceo inclusive, siendo por lo tanto un género de peces cartilaginosos eminentemente característico del período secundario, hallándose distribuido en todas las formaciones de aquel. El ejemplar elegido como modelo de la espina dorsal del hibodus es el de la especie H. subcarinatus, de la formacion weáldica (fig. 38).

Se han encontrado asociadas con los dientes del extinguido género ptychodus de la creta, grandes espinas fósiles longitudinalmente acanaladas.

En las formaciones terciarias, las espinas fósiles presentan en su mayor parte los caractéres genéricos de las características de los plagiostomos existentes, spinax, trygon y myliobates; pero una forma hallada en las capas del eoceno, cerca de Paris, es el tipo del extinguido género aulacanthus, de Agassiz.

Los dientes de los peces plagiostomos correspondientes á los grupos de tiburones, rayas y cestraciontes, son muy numerosos, y hallándose solo fijos por un ligamento á la membrana de la boca, caen por la descomposicion del pez muerto, y se esparcen á causa de los movimientos que en aquel imprimen las aguas, convirtiéndose despues en sedimento.

FAMILIA I—CESTRACIONTIDOS

(TIBURON DE PUERTO JACKSON)

El género existente que ha dado mas luz sobre los dientes fósiles que pasaron á formar parte de los depósitos oceánicos durante los períodos paleozóico y mesozóico, es el llamado cestracion, que solo se encuentra ahora en los mares de Australia y de la China, donde está representado por dos ó tres especies, las cuales indican una forma que tiende á la



Fig. 39.—CESTRACION DE PHILIPI (*Especie viva*)

extincion. Abundó en otro tiempo con una gran variedad de modificaciones genéricas y de familia, representadas por algunas especies que alcanzaron mucho mayores dimensiones que las mas grandes que se conocen hoy dia. La denticion de estos peces es apropiada para triturar y masticar crustáceos y otros animales de cubierta dura; son por lo general tímidos, y sus espinas dorsales denticuladas les sirven solo como armas defensivas. La figura 39 basta para formar una idea de la estructura de las mandíbulas superior é inferior del tiburon de Puerto Jackson; obsérvase en ellas la disposicion oblicua de los grandes dientes, que cubren como un embaldosado los bordes de la boca. Los dientes anteriores eran pequeños y agudos (fig. 40); detrás de los mas aguzados, hay cinco series consecutivas de otros que aumentan progresivamente de tamaño, pero á medida que esto sucede, disminuye su número en cada línea; las series de los mayores dientes comprenden de seis á siete de estos órganos en la mandíbula superior, y de siete á ocho en la infe-

rior; los que hay detrás de esta serie, aunque conservan su forma como instrumentos cortantes, disminuyen gradualmente de tamaño, mientras que al mismo tiempo se reduce el número de los que componen cada fila. Por la oblicua disposicion, aparentemente espiral, de las líneas de dientes; por su arreglo simétrico en los opuestos lados de la mandíbula, y su graduada diversidad de forma, constituyen el mas simétrico y gracioso aparato bucal que se pueda ver en toda la clase de los peces.

Las modificaciones en la forma de los dientes antes descritos, por la cual los anteriores son propios para coger y sujetar la presa, y los posteriores para triturar las sustancias alimenticias, se repiten frecuentemente, aunque con alguna alteracion y bajo distintas condiciones, en los peces óseos; indican en las actuales especies cartilaginosas una alimentacion mas inferior que la de los tiburones, así como tambien una diferencia de costumbres. Los animales invertebrados, testáceos y crustáceos, fueron probablemente el principal alimento del cestracion, toda vez que los restos de aquellos aparecen en gran número en las rocas secundarias, asociados con los dientes fósiles de dicha especie.



Fig. 40.—MANDÍBULA SUPERIOR Y DIENTES DEL TIBURON DE PUERTO JACKSON (*Cestracion*)

Estos dientes, desprendidos de las mandíbulas del pez muerto, se dispersarian como ya hemos indicado en otro lugar; y gracias á la presencia de tales órganos fósiles, se obtuvo la primera evidencia de la familia de los cestracios en los primitivos períodos de la historia de la tierra.

Si se compara la figura 41 con la 40, parece que los diversos dientes de cada serie oblicua en el cestracion se han unido formando una sola masa dentaria en el cochliodus, siendo muy análogas las proporciones y la direccion de las series. Es hipotético que en esta especie hubiera pequeños dientes anteriores prensiles; pero sí se reconoce que las placas dentarias debieron estar admirablemente adaptadas para triturar las conchas de los moluscos y crustáceos. El cochliodus contortus (fig. 41) fué hallado en las formaciones carboníferas cerca de Bristol y Armagh, siendo el género peculiar de aquel período geológico.

Hay otra forma de dientes que se asemeja mas á la del cestracion, y es la que ha servido de base para formar el género acrodus, con especies diseminadas desde el terreno triásico hasta la creta superior de Maestricht. El ejemplar que aquí elegimos es el acrodus nobilis, del lias de Lime Regis. La figura superior representa la superficie trituradora, que por sus finas estrías trasversales y color oscuro ha merecido el nombre de *sanguijuela fósil*. Los mas antiguos paleontólogos consideraron estos dientes como gusanos petrificados; pero su estructura, tal como lo permite ver el



Fig. 41.—COCHLIODUS CONTORTUS (*Carbonífero*)

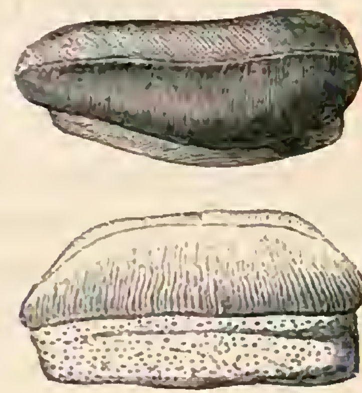


Fig. 42.—ACRODUS NOBILIS (*Lias*)

microscopio, es muy semejante á la de los dientes del cestracion. Varias porciones de la mandíbula del acrodus, descubiertas hasta aquí, demuestran que estos dientes estaban dispuestos, como en el cestracion, en series oblicuas, contándose al menos siete en cada una. El acrodus lateralis es un fósil del muschelkalk, el A. hirudo, del horizonte weáldico y el A. transversus un fósil cretáceo. En ningun estrato terciario se ha encontrado un solo diente correspondiente al género.

El género ptychodus está fundado en dientes que son por lo general de gran tamaño y de una forma mas ó menos cuadrada (fig. 43); la corona es mas profunda que la raíz, que es obtusa y truncada; la cúspide de la primera, granulada en el márgen, se eleva en el centro, en forma de eminencia obtusa, que presenta protuberancias transversas paralelas, algunas veces algo cortantes. Con los dientes de esta forma se encuentran á veces otros de menor tamaño, con coronas convexas mas redondeadas, que formaban sin duda las extremidades del pavimento dentario que cubria, como en los modernos tiburones y rayas, las anchas quijadas de los ticodontes. Las grandes espinas dorsales que se hallaron asociadas con los dientes ya descritos son acanaladas longitudinalmente, y se parecen á las del cestracion de la familia de los tiburones. Todos los ejemplares y especies correspondientes á este género proceden del terreno cretáceo. Los géneros de peces devónicos ctenodus, petalodus, chomatodus; el petrodus del carbonífero, y el thectodus del Keuper, se refieren provisionalmente á la familia de los cestracion.

FAMILIA II—HIBODONTIDOS

En todas las rocas secundarias, desde el trias hasta la creta inclusive, se encuentran dientes que corresponden al género hibodus; los de los hibodontes son cónicos, pero mas anchos y menos agudos que los de los tiburones propiamente dichos; presentan estrías longitudinales y repliegues; uno de los conos es mayor que los demás, por lo que se le llama *principal*, mientras que los otros son secundarios. En un género (cladodus), estos últimos se van ensanchando á medida que se desvian del principal. Los dientes de este género, atribuidos por Eichwald al hybodus longiconus, fueron descubiertos en la arenisca roja antigua, cerca de San Petersburgo.

En el género orodus los conos son mas comprimidos, cortantes y distintos del cuerpo del diente que en los hibodus; existiendo tambien el principal y los secundarios. La figura 44 representa un diente del orodus cinctus, procedente de los lechos carboníferos que hay cerca de Bristol. El O. porosus y el O. compresus, son de los depósitos de

una edad análoga, de las inmediaciones de Armagh; los géneros diplodus y glossodus, de las series carboníferas, y el llamado sphenonchus, distribuido desde el lias hasta la formacion weáldica, se atribuyen á la familia de los hibodontidos.

FAMILIA III—ESCUÁLIDOS

(TIBURONES)

Los bien marcados dientes de figura de sierra (fig. 45), se asemejan de tal modo á los de la mandíbula inferior de ciertos tiburones (notidanus, de Cuv), que Agassiz los atribuyó á este género; pero se encuentran no obstante en el



Fig. 44.—DIENTE DE ORODUS CINCTUS *(Carbonífero)* *Fig. 45.*—NOTIDAMUS MUNSTERI *(Oólita superior)*

Fig. 43.—PTYCHODUS LATISIMUS *(Creta)* *Fig. 46.*—CORAX FALCATUS *(Creta)* *Fig. 47.*—GALEOCERDO ADUNCUS *(Mioceno)*

período jurásico; otras especies, como por ejemplo el N. pectinatus, son propias de la creta de Kent; y el N. serratissimus, procede de la arcilla del eoceno.

El diente representado en la figura 46, sobre el cual fundó Agassiz el género corax, indica, por su gran semejanza con los del carcharias, su afinidad con los tiburones (escuálidos). La mayor parte de las especies de corax, incluso el C. falcatus, son cretáceas, y algunas terciarias; pero todas se han extinguido.

Hay otra forma de diente de tiburon, muy nudoso en un borde, y finamente denticulado, que se parece mas bien al de los galeus de Cuvier, que Agassiz considera como perteneciente al género galeocerdo. Las especies se encuentran así en el terreno cretáceo como en el terciario; el galeocerdo aduncus (fig. 47), procede del mioceno de Europa y América; en las mismas series terciarias, se hallan los dientes del hemipristis serra (fig. 48).

Los odontaspis presentan en estos órganos una forma mas semejante á la que se observa en los tiburones azules (lamna) de los actuales mares. Las especies de odontaspis se encuentran en las capas cretáceas y terciarias; el O. Hopei (figura 49), es de la arcilla de Lóndres, é indica una especie de tiburon tan destructora como formidable.

Los dientes de figura semejante á la que ofrecen los del carcharias, pero sólidos y por lo general de gran tamaño, se atribuyen al género carcharodon; uno de estos órganos, procedente de las capas del mioceno, de Malta y que se conserva en el museo de Lóndres, mide cinco pulgadas y diez líneas, en su lado mas largo, y cuatro con ocho respectivamente, en la anchura de la base; á su lado se ve otro diente de un carcharias de hoy dia, que tiene dos pulgadas tres líneas de largo, habiendo pertenecido á un individuo de veinte piés de longitud. Si el diente del carcharodon fósil guardaba la misma proporcion con el cuerpo del pez, esta especie debió alcanzar unos sesenta piés de longitud. Los dientes del carcharodon se obtuvieron en el crag rojo de Suffolk, y tenian mas de seis pulgadas de largo. El grabado que se acompaña pone de manifiesto la estructura microscópica de los dientes de los tiburones, con la capa endurecida exterior, que constituye el cuerpo del órgano (fig. 50). Con estos dientes fósiles de tiburones se encuentran, aunque esparcidos, así en las capas terciarias como cretáceas, pedazos petrificados de vértebras, que indican por su brevedad, en comparacion con la anchura, y por las cisuras de la superficie externa (fig. 51), que pertenecieron á un tiburon muy afine al lamna de Cuvier.

FAMILIA IV—RÁYIDOS

(RAYAS)

Esta familia de peces cartilaginosos es la que primero se indica en el período carbonífero, por la espina del pleuracanthus (fig. 36); pero en el liásico se han descubierto tambien restos inequívocos y bastante perfectos para reconocer los caractéres genéricos, sirviendo de ejemplo los squaloraia y arthropterus; en el oolítico se encuentran el spatobatis y belemnobatis; y en los terrenos cretáceos y terciarios, se hallan asimismo restos que principalmente consisten en porciones de radios de aletas, espinas defensivas, tubérculos, y con mas frecuencia dientes. Las modificaciones peculiares del sistema dentario, que ofrecen las rayas águilas (miliobatidos), se demuestran evidentemente por fósiles de las formaciones terciarias, y no se han hallado en estratos mas antiguos.

Los dientes de las rayas son en general mas numerosos y mucho mas pequeños que los de los tiburones; no tienen tanta movilidad, están mas apretados ó juntos, y en ciertos casos aparecen lateralmente unidos entre sí por finas suturas; de modo que forman una especie de pavimento de mosáico, así en las mandíbulas superiores como en las inferiores. Los miliobates, ó rayas águilas, que presentan este último carácter, único en los vertebrados, tienen anchos y grandes dientes macizos (fig. 52); los mas pequeños del rhina son apropiados para triturar; pero en las especies de raya de Cuvier, el centro ó uno de los ángulos de la corona constituyen una aguda punta. En todos los géneros de la tribu de las rayas, cualquiera que sea la diversidad del tamaño y figura de los dientes, hállanse dispuestos en varias series, sucediéndose sin interrupcion de atrás adelante.



Fig. 48—HEMIPRISTIS SERRA *(Mioceno)* *Fig. 49.*—ODONTASPIS HOPEI *(Eoceno)* *Fig. 51.*—CUERPO DE LA VÉRTEBRA DEL TIBURON LAMNA Ú ODONTASPIS; en la primera figura se representa de frente, y en la segunda de lado. *(Arcilla de Lóndres)*

La modificacion del tipo de los dientes de los plagiostomos, destinados á triturar las sustancias alimenticias, es del todo completa en los miliobatidos. La figura 53 representa la armadura de la boca vista por detrás en el miliobates águila, y en ella se observa perfectamente que ambas man-

díbulas están cubiertas por una especie de pavimento de anchos dientes, de superficie plana. Al género miliobates, tal como está reducido ahora, corresponden ciertos fósiles de la arcilla de Lóndres (fig. 54).

En el zigobates (fig. 54), las series medias tienen dientes menos anchos; y una mas estrecha se interpone entre los dientes del medio y los laterales pequeños. En los mares del Brasil existen rayas que presentan esta modificacion; los dientes fósiles de este género zygobates Woodwardi (fig. 54) se encuentran en el crag terciario de Suffolk, y en el mioceno molasa de Suiza.

Cuando los dientes forman anchas placas trasversales no divididas, como en la figura 55, caracterizan el género ætobates, cuyos fósiles se hallan en los eocenos ingleses y en la molasa de Suiza.



Fig. 50.—CORTE DEL DIENTE DE UN TIBURON LAMNA

En el crag de Norfolk y Suffolk, y en los lechos marinos pliocenos, se han descubierto fósiles que se asemejan mucho á las placas óseas que protegen la piel de una especie de raya que tiene el dorso espinoso (fig. 56), los cuales indican la existencia en el plioceno de una especie afine de la raia clavata.

Los ejemplares casi enteros, procedentes de las calizas litográficas de Solenhofen (thaumas alifer) y de Cirin (spatobatis bugesiatus), presentan una forma de cuerpo que, así como el del moderno escuatino, establecen afinidad entre las rayas y los tiburones. Los squaloraias tienen una relacion semejante con el pez sierra (pristis), que tal como está especializado ahora, aparece primero en las capas eocenas (pristis bisulcatus) de Sheppy, y P. acutidens de las arenas de Bagshot. Los cyclobates, de la caliza terciaria de Lebanon, se parecen á los modernos torpedos, especies formidables y temibles, de las que el torpedo gigante ha dejado restos en los ricos depósitos de ictiolites del monte Bolca.

Resulta de lo expuesto que poseemos restos de peces del órden de los plagiostomos en los depósitos marinos de todas las formaciones, desde las capas del silúrico superior hasta el período actual; pero ninguno de los fósiles paleozóicos corresponden á los géneros existentes. Solo varios plagiostomos mesozóicos, y particularmente los de la creta podrian no hallarse en este caso; los mas de ellos pertenecen, ó son afines á una familia de cestraciontidos casi extinguida en la actualidad; la evidencia de las formas genéricas de plagiostomos caracteristicos de la presente época no es comun sino en los periodos terciarios.

ÓRDEN II—HOLOCEFÁLIDOS

(PECES QUIMEROIDEOS)

CARACTÉRES.—Mandibulas huesosas, encajadas en placas dentales; endo-esqueleto cartilaginoso; exo ó dermato-esqueleto placoideo: las mas de las aletas provistas de una fuerte espina como primer radio; branquias laminadas, fijas por sus bordes; una sencilla abertura branquial.

A juzgar por la escasez de representantes que ahora tiene este órden de peces cartilaginosos, pareceria que los cestraciones tienden á su extincion. Un género, la quimera, de Linneo, se funda en una sola especie conocida en los mares del Norte, llamada rey de los arenques (chimera monstruosa); y un segundo género, calorincus de Gronovio, se halla representado por dos especies propias de los mares de Australia y de la China. Las únicas partes de los peces quimeroideos que pudieron fosilizarse son las mandibulas y las espinas: las sustancias huesosas están de tal modo combinadas en aquellas, que caracterizan el órden y nunca se encuentran separadas. En tales mandibulas fósiles, y en las partes de ellas, consisten principalmente los restos de los holocéfalos en el primitivo período geológico. Estos peces singulares están distribuidos con distintas modificaciones genéricas y específicas, desde el fondo de las series jurásicas hasta el período actual.

GÉNERO QUIMERA

Los dientes premaxilares, uno en cada hueso, son oblongos, dos veces mas altos que anchos, y terminan por abajo en un borde trasversal cortante; presentan por fuera columnas verticales de una sustancia mas ó menos dura, que forma un borde cortante cuando se gasta por el uso; en el interior ofrecen láminas oblicuas que no se extienden hasta el borde; las placas maxilares dentales, situadas una en cada hueso, son triangulares, y presentan una ancha superficie en la mandíbula inferior.

GÉNERO ISCHIODUS, *Egerton*

Cada maxilar superior tiene cuatro columnas dentales; la mandíbula inferior sobresale menos y es mas profunda que en el edophodus. De este género, la especie E. Johnsoni es del lias de Dorsetshire; la E. Egertoni de Kimmeridge, y la E. Townshendi, magnífica especie, de Portland. Dos especies, E. Agassizii y E. crevirostris, proceden de los lechos cretáceos, en cuyo período parece que se extinguió el género.

GÉNERO GANODUS

Columnas maxilares dentales oblicuas, que convergen segun avanzan, confundiéndose á veces en una masa de la superficie huesosa. Este género está representado exclusivamente por especies de la pizarra oolítica de Stonesfield, como por ejemplo G. Bucklandi, G. Colei y G. Owenii.

GÉNERO EDAFODUS, *Egerton*

Cada maxilar superior tiene tres columnas dentales; la mandíbula inferior sobresale mas, pero es menos profunda que en el ischiodus; la masa pre-maxilar dental consiste en cinco series verticales, ligeramente arqueadas, de placas trasversas oblicuas y encorvadas. Este género representa el que Buckland designó con el nombre de passalodon. El E. Sedgwikii es de la arenisca verde de las cercanías de Cambridge, y el E. gigas de la creta de Kent y de Sussex. El ictiodorulito llamado por Agassiz Psittacodus Mantelli pudiera ser la espina dorsal de esta especie; otras tres, incluso el E. Bucklandi, son propias del eoceno de Bagshot y Bracklesham; y un E. helveticus, se encuentra en la molasa de Suiza.

GÉNERO ELASMODUS, *Egerton*

Cada maxilar superior tiene tres columnas dentales; el pre-maxilar presenta un diente escalpriforme, delgado y corvo,

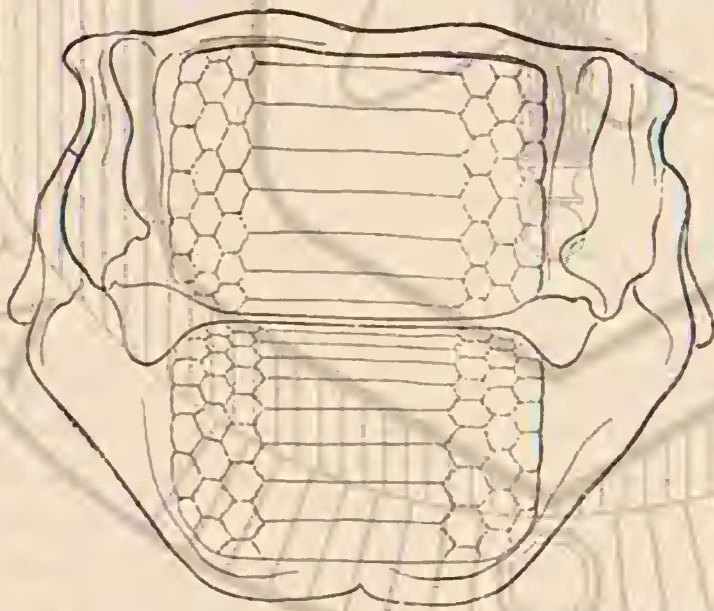


Fig. 52.—MANDIBULAS Y DIENTES DE UN RAYA-ÁGUILA (*Myliobates Aquila*)

redondeado en el borde cortante; es de estructura laminar, y las placas están sobrepuestas. Solo representa este género la especie E. Hunteri, de la arcilla de Lóndres.

ÓRDEN III — GANOIDEOS

CARACTERES.—Endo-esqueleto huesoso en algunas especies, cartilaginoso en otras, y en varias con ambos caractéres; el exo-esqueleto se compone de huesos esmaltados; las aletas suelen estar provistas de una fuerte espina como primer radio.

SUB-ÓRDEN I—PLACO-GANOIDEOS

CARACTERES.—Endo-esqueleto cartilaginoso; la cabeza y una parte del tronco están protegidas por anchas placas ganoidéas, con frecuencia reticuladas y suturalmente unidas. Los placoganoidéos son heterocercos, palabra que significa una forma ó disposicion de la cola, como se representa en la figura 57, observada en los tiburones, en los acantias y esturiones de la actualidad: resulta de una prolongacion de la columna vertebral *n* en lóbulo superior *dn*, produciéndose una forma irregular en la aleta caudal, que contrasta con la figura simétrica del mismo órgano que se observa en los mas de los peces vivos. Ejemplo de ello tenemos en el Leptoletis spratiformis y en el semiophorus, en los que la columna vertebral termina en el centro de la base de



Fig. 53.—MYLIOBATES TOLIAPICUS (*Eoceno de Sheppy*)

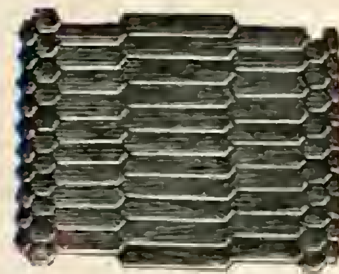


Fig. 54.—ZYGOBATES WOODWARDI (*Mioceno*)

la aleta caudal. Hay tambien formas intermedias en la estructura de esta aleta, algunas de las cuales indican una interrupcion en el desarrollo de la cola homocerca.

Los restos fósiles de los singulares peces del extinguido órden de los placoganoidéos se descubrieron por primera vez hácia 1813 en las formaciones del período devónico de Rusia, y se conservan en los museos de San Petersburgo y Dorpat. La relacion de estos ejemplares con la clase de peces fué indicada en un principio por el profesor Asmuss, y poco despues les aplicó Eichwald los nombres genéricos de asterolepis y bothriolepis, para expresar ciertas modificaciones de la superficie externa de algunas partes de las placas ganoidéas, que segun se reconoció despues, constituian el escudo de la parte anterior de los peces extinguidos. En setiembre de 1840, Miller sometió al exámen de la seccion geológica de la Sociedad británica de Glasgow los primeros ejemplares descubiertos, que daban clara idea de uno de esos antiguos peces rojos, á los cuales asignó Agassiz el nombre genérico de Pterichthys. Aunque algunos meses antes se habia aplicado la calificacion de Asterolepis á un fragmento de la coraza de este pez, como no convenian con tal nombre los caractéres genéricos reconocidos, y atendido á que dicha designacion se habia aplicado tambien á otros géneros, conservóse la de Pterichthys. «De todos los organismos del sistema, escribia aquel célebre autor, uno de los mas extraordinarios, y que mas hubieran complacido á Lamark, es el del Pterichthys, ó pez alado, intiolito que se dió á conocer

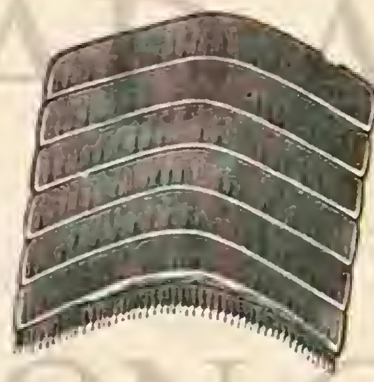


Fig. 55.—ÆTOBATES SUBARCUATUS (*Eoceno de Brocklesham*)



Fig. 56.—RAYA CLAVATA (*Espinas dermales*)

á los geólogos hace unos tres años; pero que se habia indicado ya siete antes, ó sea en 1833.»

GÉNERO PTERICHTHYS

La cabeza y la mitad anterior del tronco están protegidas por placas ganoidéas de hueso duro, cubiertas de esmalte;

las del tronco constituyen un escudo compuesto de una placa dorsal (fig. 58), y una pectoral (fig. 59), que se articulan entre sí á los lados; el resto del tronco está revestido de pequeñas escamas ganoidéas, que le comunican cierta flexibilidad. El pez tenia una pequeña aleta dorsal (fig. 58, d), y otra heterocerca terminal; pero rara vez se encuentran estas enteras en los ejemplares fósiles. Las espinas pectorales *c* se componen de materia ganoidéa, como el escudo; la armadura de la cabeza 2, 10, parece haber estado articulada con el

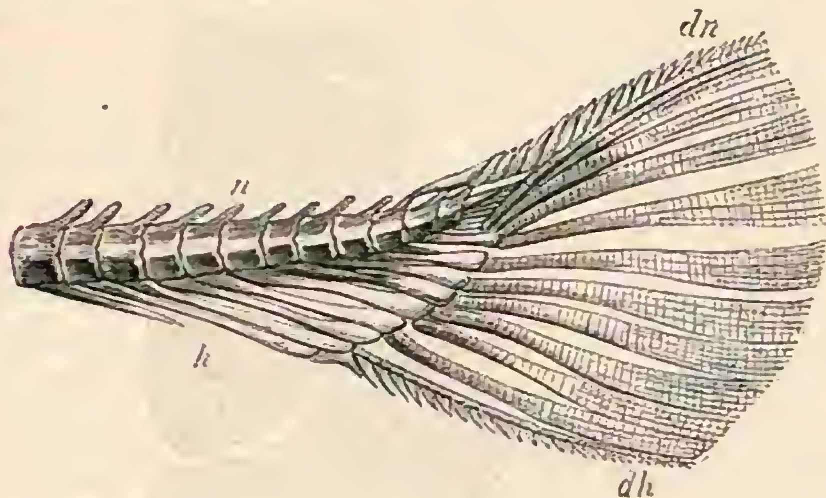


Fig. 57.—COLA HETEROCERCAL (*Lepidosteus osseus*)

escudo del tronco 11, 13. Uno de los pocos peces ganoidéos existentes, el Lepidosteus, es notable por el grado de movilidad de la cabeza. Las placas dermales que constituyen la armadura de esta parte, corresponden en cierto modo con la posicion de los huesos craneanos en los peces óseos; pero no lo bastante para que se les apliquen los nombres correspondientes. Están indicadas por números en el grabado 58: 2, es la placa que se designa con el nombre de rostral, á la cual siguen en la línea media otras cuatro placas que son: 4, la promedia; 6, la media; 8, la post-media; y 10, la nucal; 3, es la marginal; 7, la post-marginal; 5, la prelateral, y 9, la post-lateral. El escudo dorsal de la coraza del tronco se compone de dos placas medias y otras dos á cada lado: 12, es la dorsomedia; 14, la post-dorso media; 11, la dorsolateral, y 13, la post-dorso-lateral. El escudo ventral (fig. 59) consiste en una placa media y dos laterales: 15, es probable, mente una parte del escudo cefálico ó de la mandíbula; 19, es la ventro-lateral; 21, la post-ventro-lateral; la pequeña placa suplementaria, 17, suele confluir con la 19; 16, es la ventromedia, cuyos bordes quedan cubiertos por las placas laterales.

Las espinas pectorales (fig. 58 *c*) constan de dos segmentos, protegidos ambos por placas ganoidéas finamente tuberculadas, como las de la cabeza y el tronco. Por su forma parece que habrán servido al pez para avanzar por el fondo arenoso si escaseaba el agua. Las aletas, fijas á la parte flexible del cuerpo, indican cierto vigor para nadar, aunque no con gran rapidez; hay una pequeña dorsal y un par de ventrales, habiendo sido observadas estas últimas primero por Mr. Egerton. Las mandíbulas son pequeñas y tienen dientecillos confluentes.

La especie tipo es el Pterichthys Milleri, otras han sido basadas en las proporciones del escudo, de los pectorales y de la cola. Todas proceden de la antigua arenisca roja, y la gran mayoría se encontró en el terreno devónico de Caithness y otras localidades de Escocia.

GÉNERO CEPHALASPIS

En este género se observa que los ángulos posteriores de la armadura de la cabeza se proyectan hácia atrás en forma puntiaguda, comunicando á dicha parte el aspecto de un cuchillo de guarnicionero. Por todo lo demás se asemeja el género al Pterichthys.

Mr. Page obtuvo recientemente ejemplares del Cephalaspis en la base del terreno devónico de Lanarkshire, en los que se reconocen aletas pectorales, una dorsal y una cápsula del ojo. El Cephalaspis Murchisoni se encuentra en el terreno silúrico y tambien en el devónico.

GÉNERO PTERASPIS

El escudo del Pteraspis truncatus se encontró en un estrato silúrico, debajo del horizonte osífero de Ludlow, siendo la mas primitiva indicacion de un animal vertebrado. El Pteraspis Lloydii se encuentra en la arenisca roja antigua de Bretaña. El Archeoteutis, de Roemer, se fundó sobre el escudo de un Pteraspis devónico.

GENERO COCCOSTEUS

Si se añadiese al contorno del dibujo que se acompaña, y que representa un pez de este género (fig. 60), una aleta heterocerca, podria formarse una idea exacta del fósil de la arenisca roja antigua, que en su reconstruccion progresiva ha sugerido tan diversas nociones sobre su naturaleza y afinidades.

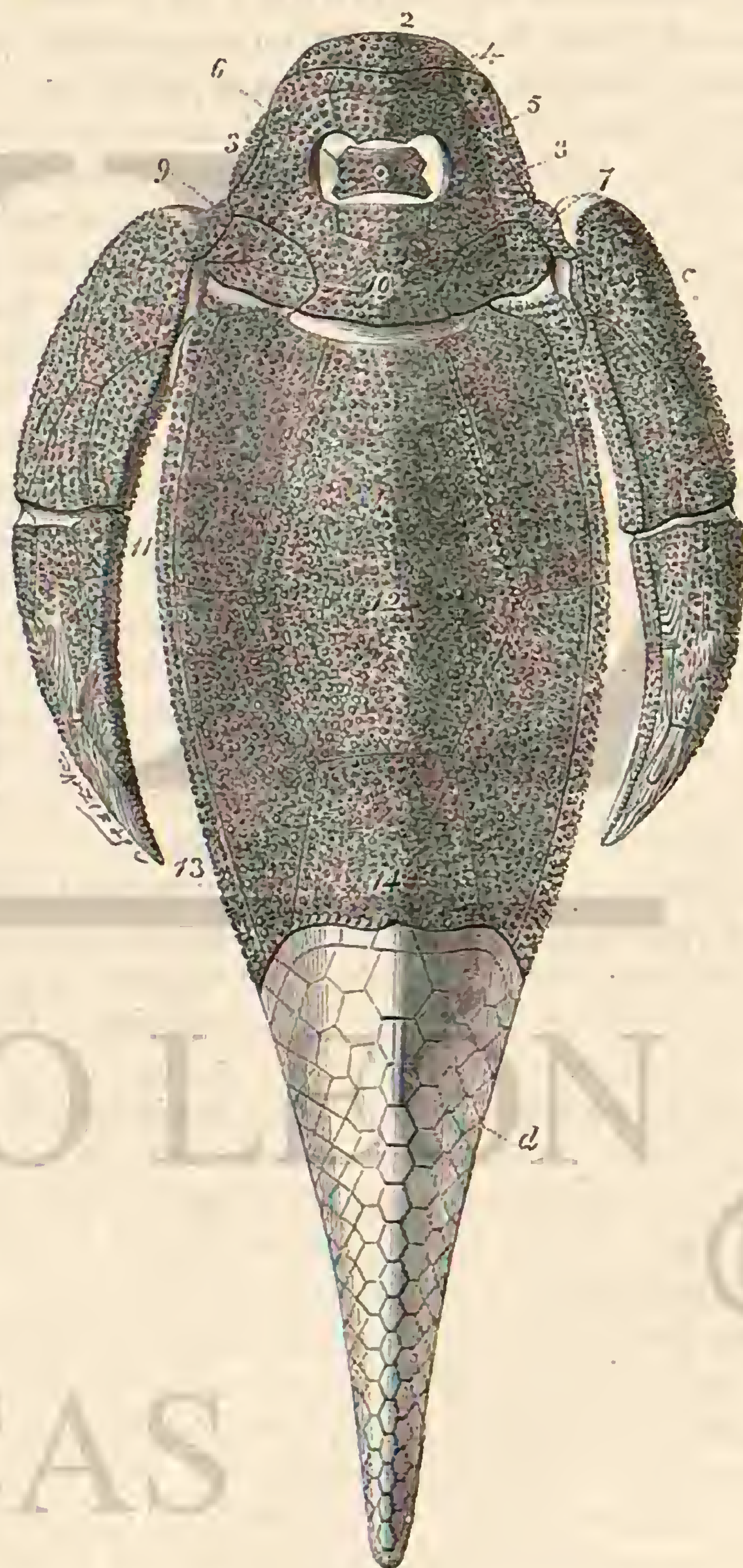


Fig. 58.—SUPERFICIE DORSAL DEL PTERICHTHYS (*Devónico*) segun Pander

La armadura de la cabeza y el escudo están fuertemente unidos, y no hay vestigios de apéndices articulados, como las aletas pectorales, que caracterizan al Pterichthys. La

parte desnuda del tronco indica una osificacion de las espinas neural y hemal, así como de sus apéndices; los radios de las aletas dorsal y anal; y por la analogía del Cephalaspis, la cola terminaba probablemente en una aleta lobulada de un modo irregular. La mandíbula inferior se compone de dos ramas, ligeramente unidas en la sínfisis, y dispuestas de tal modo, que indican que el pez estaba provisto de mandíbulas movibles, como las de la langosta; en cada una de ellas se contaban de diez á doce dientes á cada lado, anquilosados al hueso.

En la figura 60 se representa el escudo céfalo-torácico del Coccosteus, viéndose en él la superficie interna y las suturas de las mas de las placas cefálicas, así como la superficie exterior de las de la armadura del escudo. 9, placa rostral; 7, promedia; 5, media; 8, prelateral; 6, lateral; 16 y 24, hueso sub-orbital; y 15, pre-ventro-medio; detrás del ventro-medio y á cada lado están (22) el pre-ventro-lateral y (20) el post-ventro-lateral. Los mismos números indican las citadas placas en la figura 59, que se representa de lado, con mas la dorso-media y la post-dorso media (12 y 14)

El espacio que media entre las espinas neural y hemal *a h* del endo-esqueleto fósil, indica la posicion del notocordo blando (c) que ha sido disuelto; el cuerpo cilíndrico gelatinoso, llamado corda-dorsalis, preexiste á la formacion de los cuerpos óseos de las vértebras en todos los animales vertebrados; y el desarrollo de aquellos no parece haber pasado de la fase embrional en ninguna especie paleozóica.

Solo hay dos géneros de peces existentes, en los que se manifiesta en el individuo adulto semejante estructura, asociada á elementos osificados periferales de las vértebras: ejemplo de ello tenemos en los protópteros de ciertos rios de Africa, y en las lepidosirenas de algunos de la América del sur. A estar fosilizados estos peces, ofrecerian el aspecto de la columna vertebral representada en la figura 60: la análoga persistencia de un carácter embriónico vertebral en todos los peces paleozóicos, y la mayor parte de los mesozóicos, carácter transitorio en casi todas las especies existentes, indica bien á las claras un principio de progresion.

La superficie externa ganoidéa de las placas del escudo del Coccosteus está cubierta de pequeños tubérculos hemisféricos; semejanza de adorno con el caparazon de algunas tortugas que indujo á creer, cuando primeramente se encontraron las placas de aquel pez, que pertenecian al género trionix de los quelonios, de las capas devónicas.

Por extrañas que parezcan las formas y estructura de los peces placoganoidéos, no faltan ahora especies que arrojan mucha mas luz sobre su naturaleza que ninguno de los quelonios ó crustáceos existentes. En la reducida y singular familia de los ostracionidos se ven peces cuyo cuerpo está encerrado en una coraza mas ó menos cuadrangular, compuesta de placas ganoidéas articuladas, que suele presentar tubérculos en la superficie externa, y cuyos ángulos se prolongan en forma de espinas en algunas especies, como sucede en la armadura de la cabeza del Cephalaspis.

En otra familia de peces existentes, que se llaman silúridos, hay especies en las que los anchos huesos craneanos, unidos con osificaciones dermales, constituyen una especie de almete ó casco para la cabeza, mientras que otros dos huesos se combinan para formar la parte que Cuvier llamó escudo. En el género Doras, la línea lateral está armada de placas ganoidéas óseas; y en los Calistis, estas placas viscerales se desarrollan de modo que encajonan todo el cuerpo. Sin embargo, lo mas frecuente es que la parte muscular posterior del tronco esté indefensa, como en el Coccosteus; las placas ganoidéas de los escudos de la cabeza y del dorso están cubiertas de series de tubérculos confluentes, que rradian del centro á la circunferencia, mientras que la superficie interior es lisa, segun se observa en el Coccosteus (figura 60). El punto de semejanza que principalmente debe notarse, sin embargo, es el contraste que ofrece la poderosa armadura de la cabeza y del dorso con la desnudez de las partes posteriores del animal, carácter particularmente mar-

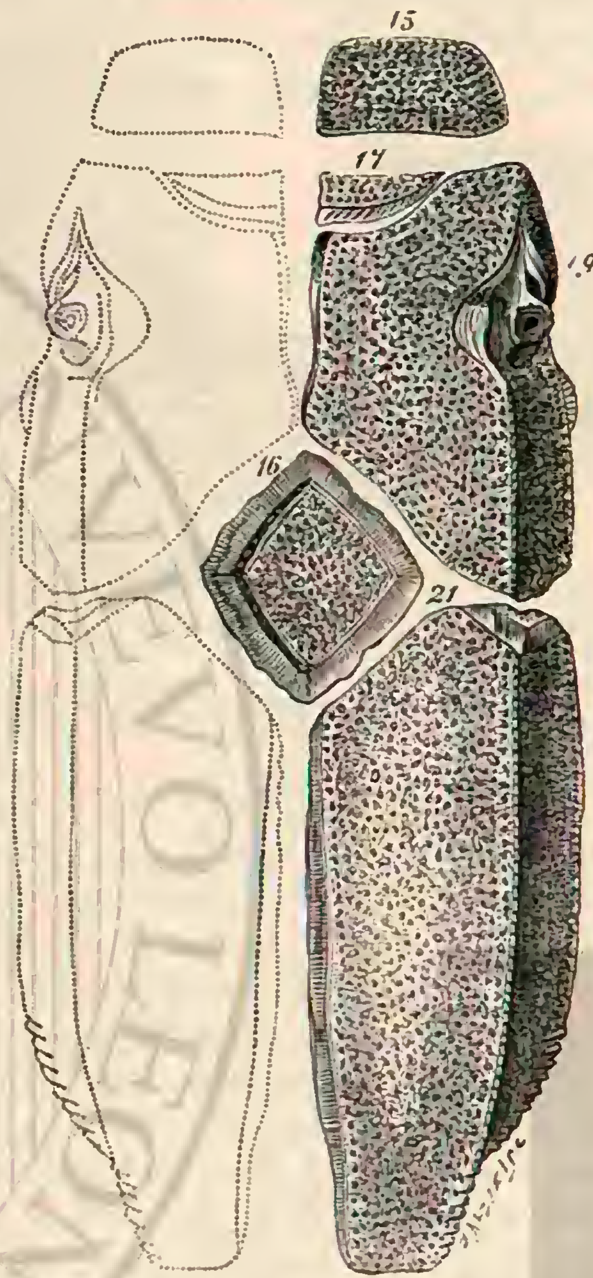


Fig. 59.—ESCUDO VENTRAL DEL PTERICHTHYUS (*Devónico*) segun Pander

cado en el Coccosteus, y aparente tambien, aunque no tanto, en algunos otros géneros, tales como en los Pterichthys y asterolépidos. Desde el hocico hasta la extremidad posterior de la placa dorsal, el Coccosteus está como metido en una fuerte armadura, cuyas placas se conservan tan perfectamente en las antiguas formaciones como las del Pimelodus del Ganges en los escaparates del Museo de Elgin; pero desde la extremidad de la placa que está inmediatamente sobre la aleta dorsal, hasta la cola, es decir, mas de la mitad de todo el largo del pez, parece haber estado desnuda, sin la proteccion de una sola escama; de tal modo que en los mejores ejemplares se conserva solo el esqueleto interno y los radios de las aletas. El Pterichthys tenia, además de la fuerte armadura de la cabeza y del cuerpo, otra posterior de escamas comparativamente endebles, como si bastara esta cubierta para proteger las partes menos vitales. En el asterolepis se observa una disposicion semejante, solo que faltaba la coraza de placas; este pez tenia una ligera armadura de escamas; y la desproporcion entre la de la cabeza y la del cuerpo, por lo que hace á su resistencia, era todavía mayor que en el Pterichthys. Las placas occipitales son en algunos de los mayores individuos de tres cuartos de pulgada de grueso, mientras que las escamas no suelen exceder de una línea.

El porqué de esta desproporcion entre las diversas partes de la armadura en el mismo pez, como se observa en el Pterichthys y el Asterolepis, ó la razon de que una parte del animal esté poderosamente armada mientras que la otra se halla completamente desnuda, como vemos en el Coccos,

teus, son cosas que el geólogo no puede determinar. Las rocas le presentan solo el hecho de la desproporcion, sin darle mas explicaciones; pero la historia natural de los peces existentes, que nos da á conocer una armadura semejante, tal como la de los pimelodus, puede arrojar alguna luz para descifrar el enigma. Al hablar Hamilton de los peces del Ganges, describe el *habitat* de varias especies indias de pimelodus, pero no sus instintos característicos. Sábese, sin embargo, que algunas especies de siluros, tal como el silurus glanus, no persiguen á su presa, que consiste en pececillos, sino que se ocultan entre el cieno para apoderarse de sus víctimas cuando las tienen á su alcance. El pimelodus gullo, especie que tiene la cabeza muy bien armada, y el cuerpo desnudo, acostumbra, segun dice Mr. Duff, á introducirse en los agujeros de los bancos cenagosos, desde los cuales saca la cabeza para coger al paso los pequeños séres de que se alimenta. En el mundo animal se observan muchas de estas compensaciones; y así vemos que los séres que tienen la mitad del cuerpo bien armada, poseen un admirable instinto para proteger la otra. No seria, pues, improbable que el Coccosteus, pez muy pesado, solo provisto de media armadura, acostumbrara á ocultarse en el cieno, como el silurus glanus ó el pimelodus gullo, para coger mas fácilmente su presa, y tambien con el objeto de presentar á sus enemigos, en caso de acometida, la parte mejor armada.



Fig. 60.—ESCUDO CÉFALO-TORÁCICO DEL COCCOSTEUS DECIPIENS (*Devónico*)

FAMILIA DE LOS ESTURIONIDOS

Los esturiones constituyen un grupo excepcional de peces en la actualidad, comprendiendo uno de los pocos géneros existentes (sturio) que están provistos de escamas ganoidéas, siquiera del tamaño y figura de placas unidas por sutura en la cabeza, y dispuestas en series á lo largo del tronco. El tipo placo-ganoidéo del exo-esqueleto se combina con un antiguo carácter de la columna vertebral, que consiste en que el notocordo es persistente, faltando por lo tanto los cuerpos vertebrales. En otros géneros de la familia, el exo-esqueleto se agranda demasiado, de modo que encajona la parte caudal del tronco (scaphyrhynchus), ó bien falta casi, como sucede en la spatularia, de la América del Norte. La base esquelética de la cabeza y de las aletas es, sin embargo, suficientemente dura para conservarse en estado fósil; así es que los peces afines del género aberrante antes citado, fueron conocidos como habitantes de los mares liásicos de las costas británicas (Lyme Regis, Whitby). El descubridor de este género, M. Agassiz, fué quien le aplicó el nombre de *Condrosteus*. Egerton ha descrito y figurado muy bien dos especies.

Por la disposicion de las placas craneanas, de los maxilares y de los arcos de las mandíbulas; por la persistencia del cordon dorsal y la aparente composicion del neuro-apófisis de dos piezas; y por la confluencia en fin, del escapular con el coracoides, los condrosteos se asemejan á los esturiones; pero por la estructura del hioides y las regiones operculares, por la mejor osificacion del endo-esqueleto, y la figura y número de ciertas escamas de la cola, los condrosteos revelan mas afinidad con los lepidoganoidéos. Por la ausencia de una placa armada de espinas frente á cada aleta central, por la posicion mas avanzada de la dorsal, y su mayor altura, se parece á la spatularia. El esturion liásico parece haber disfrutado de una existencia mas tranquila que la de los que hoy existen; los moluscos y otros animales asociados prueban el carácter marino de las aguas que habitaba. Las delgadas capas laminares de pizarra y caliza en que se encuentran los restos de este pez indican la tranquilidad del mar en que vivió; su piel suave, cuyo color se armonizaba sin duda con el del fondo cenagoso, le permitiria ocultarse y pasar desapercibido de los feroces saurios con los cuales coexistia; de modo que el condrosteo no necesitaba armadura defensiva ni gran rapidez en la locomocion para libertarse de sus enemigos.

Los restos de un verdadero esturion (accipenser) no han sido hallados hasta aquí en formaciones mas antiguas que la arcilla del eoceno de Sheppey.

SUB-ÓRDEN II—LEPIDOGANOIDEOS

FAMILIA I—DIPTÉRIDOS

Esta familia comprende algunos peces heterocercos, con dos aletas dorsales y una anal grande, que por su posicion contribuye á dar mas fuerza á la cola. La cabeza es ancha y está bien defendida por huesos ganoidéos; los dientes son cónicos; las escamas perforadas por diminutos agujeros; y el cordon dorsal es persistente.

En el género Dipterus (fig. 61), las dos dorsales *d 1*, *d 2* son opuestas á la anal *a*, y el espacio se extiende á las ventrales *v*, hallándose la última un poco delante de la primera dorsal. El Dipterus macrolepidotus se caracteriza por el gran tamaño de sus escamas. Encuéntranse sus restos en la antigua arenisca roja de muchas localidades de Escocia é Inglaterra.

En el género afine Diplopterus, las dorsales están mas separadas, y los dientes, en menor número, son mayores. Se han reconocido cuatro especies en la arenisca roja antigua de Gamrie, Orkney y Lethenbar, hallándose dos en el terreno carbonífero.

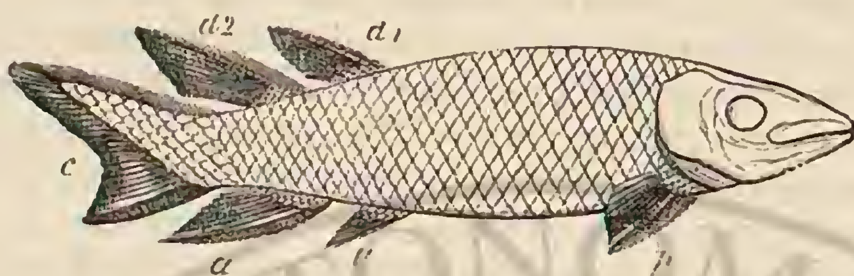


Fig. 61.—DIPTERUS MACROLEPIDOTUS *(Devónico)*

En el género Osteolepis, la primera dorsal está cerca del lomo; los dientes son agudos; y ninguna de las especies excede de un pié de largo: todas proceden del devónico.

FAMILIA II—ACANTARIDOS

Las especies de esta familia se caracterizan por tener muy pequeñas las escamas, y por ser heterocercos y notocordales. Frente á cada aleta existe una fuerte espina; la cabeza es gande; las órbitas están bastante próximas; la boca, muy ancha, se forma principalmente por los maxilares, abriéndose oblicuamente hácia arriba; de manera que estos peces ofrecen en cierto modo el aspecto de los uranóscopos; se hallan además provistos de muchos radios branquióstegos. Los principales géneros proceden de la arenisca roja antigua, y figuran en el órden siguiente: Cheiracanthus, caracterizados por tener una sola dorsal situada frente á la anal; Acanthodes, que tienen la dorsal detrás de la anal; y Diplocanthus (fig. 62) provistos de dos dorsales.

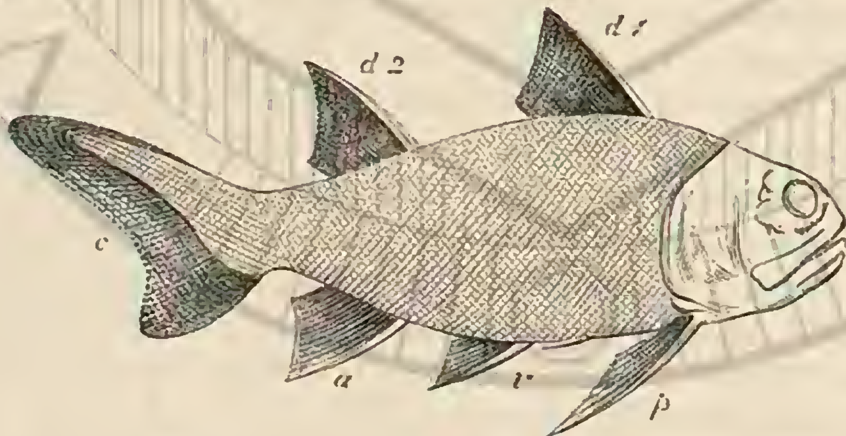


Fig. 62.—DIPLOCANTHUS STRIATUS.

El Diplocanthus striatus se encuentra en el devónico de Cromarty. En la fig. 62, y restantes, *p* es la aleta pectoral, *d* la dorsal, *v* la ventral, *a* la anal y *c* la caudal. Obsérvase que en esta especie es muy prolongado el lóbulo superior de la caudal. En los acantódidos se nota que las espinas de las aletas están ligeramente fijas en la piel, como sucede en los recientes Spinax, sin presentar, como los siluroideos y otros veces óseos modernos, una estructura articulada.

Los Cheirolepis, caracterizados tambien por sus diminutas escamas, tienen la aleta dorsal detrás de la anal; pero en ninguna de ellas hay espina; la boca es ancha; los dientes pequeños y uniseriales. Algunas especies de la presente familia, tales como el Acantodes Bronii y el Acantodes sulcatus, existieron en los mares del período carbonífero.

FAMILIA III—CELACANTIDOS

Las especies de esta familia se caracterizan por el ahuecamiento de los rayos ó espinas, de cuyo carácter derivan el nombre. La aleta caudal ofrece una estructura particular, continuándose la columna vertebral mas allá de su parte media, y presentando una especie de apéndice delgado entre los dos lóbulos normales. Los celacantos abundan sobre todo en los terrenos devónico y carbonífero; algunos se encuentran en las capas jurásicas y hasta cretáceas; pero todos se extinguieron antes de la época terciaria.

En las formaciones cretáceas de Kent y Sussex se han descubierto buenos ejemplares de peces homocercos con escamas ganoidéas redondeadas, que presentan dibujos exteriormente y está perforadas por tubos de mucus, muy prominentes, segun se indica en la figura 63.

Mr. Agassiz los atribuyó al género llamado Macropoma, y á la familia de los celacántidos. En el Museo británico se conservan restos del interior del canal alimenticio, en los que se ven impresiones de una ancha valva espiral. Una especie, el Macropoma Egertoni, es de la arcilla de Speeton, y la otra M. Mantelli, se encuentra en la creta.

Los celacántidos están representados en las capas carboníferas por el C. lepturus, en las pérmicas por el C. granulosus, y en las triásicas por el C. minor.

El Glyptolepis tenia una cola heterocerca, con escamas redondeadas, lisas exteriormente, y presentando compartimientos radiados en el interior. El G. microlepidotus, del que representamos algunas escamas agrandadas en la figura 65, se encuentra en el devónico de Escocia y Rusia.

Los Phyllolepis solo se conocen hasta ahora por sus grandes escamas lisas, ó surcadas concéntricamente, algunas de las cuales tienen seis pulgadas de diámetro. El Ph. concentricus existe en el devónico de Clashbinnie; el Asteolepsis es de la arenisca roca media de Elgin; el Bothriolepis se descubrió en el superior de Escocia y Rusia; y el Glyptopomus, con sus huesos craneanos, en la misma formacion en Dura Den.

FAMILIA IV—HOLOPTIQUIDOS

El género típico de esta familia fué primeramente reconocido y caracterizado por las escamas fósiles, dándoseles el nombre de Holoptychius (Agassiz), así como tambien por los dientes, que se llamaron rhizodus. Comprenden especies que han dejado sus restos en el devónico y en las capas carboníferas; afines á los celacántidos, teniendo como ellos huesos y espinas en parte osificadas, cuyo interior conserva el primitivo estado, ofreciéndose hueco en los fósiles. La cabeza estaba protegida por grandes placas tuberculadas y ganoidéas; los dientes son de dos clases; pequeños y seriales y grandes caninos, hallándose estos últimos situados á intervalos; en unos y otros se reconoce la estructura laberintica en su base, que está anquilosada al hueso de la mandíbula.

El término genérico rhizodus, se conserva para los holoptiquidos de las capas carboníferas que tienen dientes seriales mas robustos y obtusos, mientras que los caninos son mas largos y agudos. Las especies de verdaderos Holoptychius, tales como el H. giganteus (Ag.) y el H. nobilissimus, se encuentran en el devónico. En el Museo británico se conserva un ejemplar de la última especie, que tiene dos piés y seis pulgadas de largo, y que fué descubierto en la antigua arenisca roja de Glashbinnie, cerca de Perth. Es principalmente notable por el tamaño y dibujo de las escamas ganoidéas (fig. 64).

Unos grandes dientes fósiles, con la mas compleja y dendrítica disposicion de los tejidos, caracterizan á un género designado con el nombre de Dendrodus, que probablemente pertenece á la familia de los holoptiquidos. La com-

plexidad es producida por numerosas hendiduras que irradian de una masa céntrica, la cual llena mas ó menos la cavidad de la pulpa de los dientes, al parecer simplemente cónicos, de este género. La figura 66 dará idea de uno de estos dientes fósiles de tamaño natural; *a*, es la seccion trasversa; y la figura 67 representa una parte de la misma seccion *(a)*, aumentada en veinte diámetros. De este modo se distingue la cavidad central de la pulpa, relativamente pequeña, y de forma irregularmente lobulada, una parte de

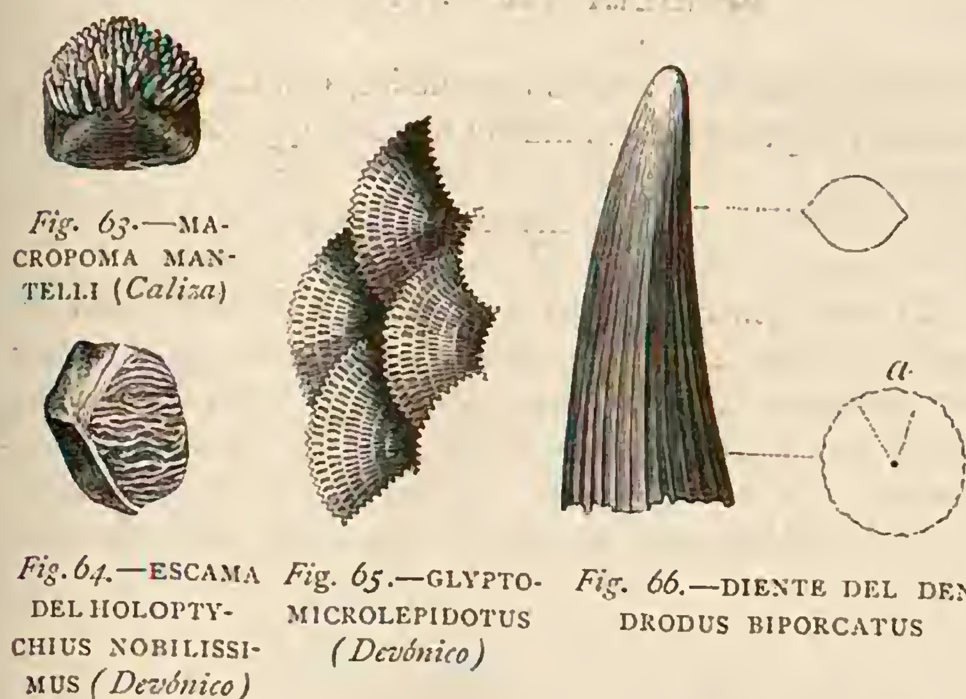


Fig. 63.—MACROPOMA MANTELLI (*Caliza*)

Fig. 64.—ESCAMA DEL HOLOPTYCHIUS NOBILISSIMUS (*Devónico*)

Fig. 65.—GLYPTOMICROLEPIDOTUS (*Devónico*)

Fig. 66.—DIENTE DEL DENDRODUS BIPORCATUS

la cual se indica con la letra *p;* está inmediatamente rodeada por secciones trasversas de canales cilíndricos vasculares de diferentes tamaños, y mas allá se ven otros, que son los medulares y figuran en mayor número, pudiendo considerarse como agregaciones de la cavidad central antes citada. Estas últimas se unen entre sí en la seccion trasversa por un tejido de pequeños canales vasculares, correspondientes á la textura ósea en que se ha convertido la pulpa. Desde la circunferencia del tejido central irradian á intervalos grietas rectas que van á terminar en la periferia del diente, y que se dividen una ó dos veces en su transcurso; las ramas que forman divergen ligeramente. Toda la periferia de la seccion trasversa del cuerpo central retículo-vascular del diente presenta un contorno dentado; y de cada division parten ramas cortas, por lo general en ángulo recto con el tronco ó que se inclinan hácia la periferia; las ramificaciones que así se forman terminan en dilataciones irregulares, de forma en cierto modo angular que simulan hojitas; á cada lado de los radios medulares se cuentan de quince á veinticinco ó treinta y seis de estas pequeñas ramas laterales.

Tales son algunas de las formas y estructuras de los peces que habitaban los mares cuyos sedimentos se han endurecido en las antiguas areniscas rojas de la Gran Bretaña, de Rusia y otras partes del mundo; y en este procedimiento de consolidacion han tenido su parte los esqueletos de los peces sepultados en el cieno primitivo. Así como un molde de yeso adquiere mayor densidad y consistencia por medio de la ebullicion en aceite, así los principios grasosos y amoniacales de los peces descompuestos comunicaron á la arena que les rodeaba mas dureza y compacidad que la que tiene el sedimento á donde no han llegado los principios animales. Por efecto de los trastornos que sufrió el sedimento devónico, varias partes de él, rotas y expuestas á la accion de los torrentes, quedaron reducidas á detritus, siendo arrastradas por las aguas, excepto ciertos nódulos, por lo general de forma elíptica aplanada, y mas duros que la arenisca que los circuia. Ellos son los que forman el lecho de muchas corrientes de las montañas en la arenisca roja de los distritos de Escocia. Si se parte uno de estos nódulos de un golpe seco y bien dirigido con el martillo, se reconocerá la causa de su densidad superior en un ejemplar mas ó menos perfecto de los restos fosilizados de algun animal, comunmente de un pez.

Pero los peces placoganoidéos, lepidoganoidéos, heterocercos y notocordales, de la época devónica, existieron en tan inmensa cantidad en ciertas localidades favorecidas, que toda la masa de los depósitos de sedimento se alteró por los restos en descomposicion de las generaciones sucesivas de dichos peces. Las rocas devónicas de Ciathness son un ejemplo de ello: deben sus especiales cualidades de tenacidad, densidad y dureza, á los peces muertos que pululaban en el primitivo cieno; una gran parte del condado de dicho nombre formaba en otro tiempo el fondo de lo que realmente pudiera llamarse una *piscina mirabilis.* Y sin embargo, hay personas que conociendo las maravillosas estructuras de los extinguidos peces devónicos, la naturaleza alterada del sedimento que les rodeó, por efecto de la descomposicion y disolucion de las partes blandas de los antiguos peces, rechazan deliberadamente las conclusiones deducidas de la sana razon. Estos irracionalistas tratan de hacer creer que Dios presentó así todos estos fenómenos; que los huesos fósiles, las escamas y los dientes no fueron nunca recientes; que no se desarrollaron verdaderamente, sino que se crearon

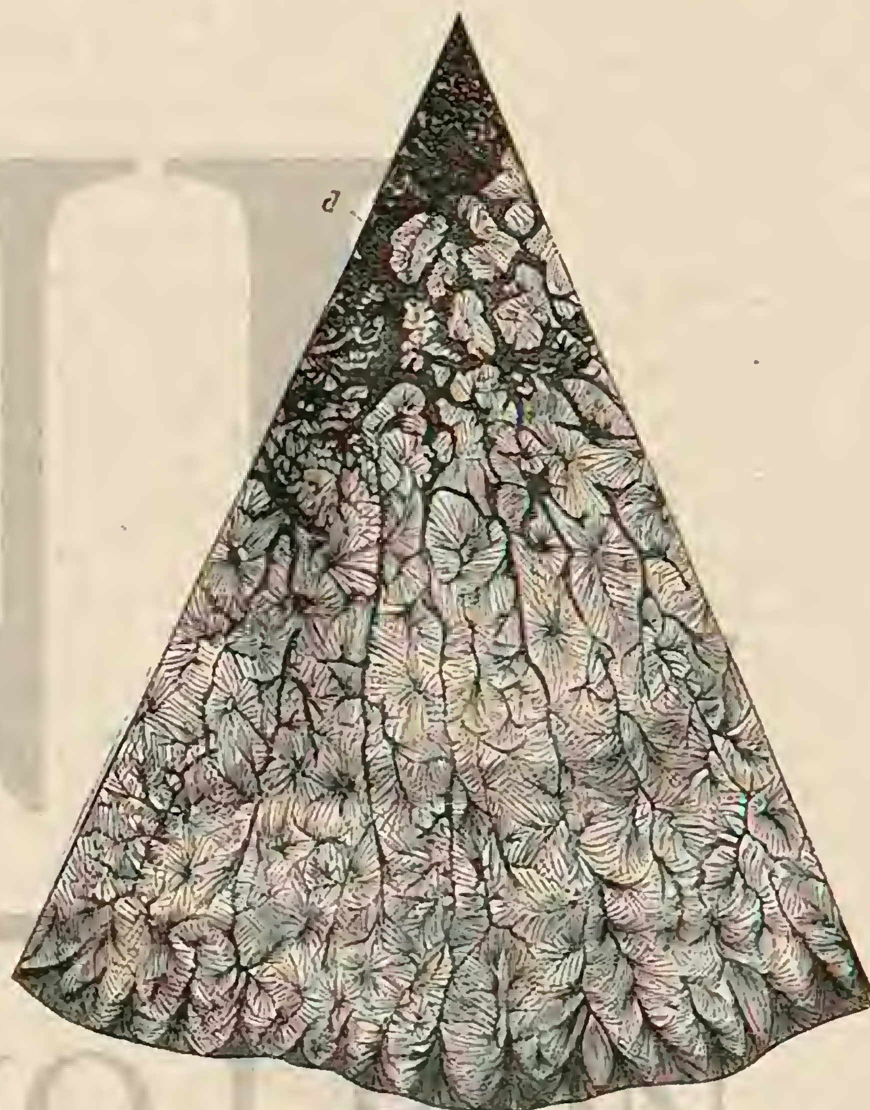


Fig. 67.—PORCION DEL DENTRODUS PIPORCATUS

fósiles, como los hemos visto; que los séres que simulan no existieron jamás; y que la superior dureza de la masa fué igualmente debida á la primitiva creacion, y no á una causa secundaria.

FAMILIA V—PALEONICIDOS

Los placoganoidéos tan ricamente representados en la época devónica, desaparecen en la carbonífera, aumentando en número los lepidoganoidéos. En la presente familia se combinan con escamas romboidales, una cola heterocerca, y mandíbulas armadas de numerosos y pequeños dientes muy compactos. El género típico es el llamado Palæoniscus

(fig. 68), cuyas especies están distribuidas en las capas carboníferas y pérmicas: caracterízanse por sus aletas de regular tamaño, siendo la dorsal D única, y opuesta al intervalo que existe entre la anal A y la ventral V: cada una de las aletas presenta una espina como primer radio; y la parte anterior de la cabeza es obtusa. Los Palæoniscus de las formaciones carboníferas de Burdie House, cerca de Edimburgo, tienen

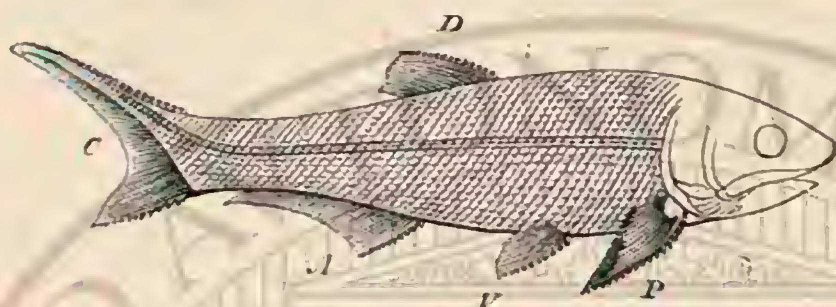


Fig. 68.—PALÆONISCUS (*Pérmico*)

la superficie externa de las escamas estriada, como se observa en el P. ornatissimus y el P. striatus; pero los Palæoniscus de otras localidades británicas, y de las formaciones continental y americana, tienen las escamas lisas, segun se ve en el P. fultus de la América del Norte y el P. minutus de las capas carboníferas de Munster Appel. El Palæoniscus Freieslebeni es la especie mas comun del género, y la primera que se reconoció; conócense otras cuarenta, que proceden principalmente de los periodos carbonífero y pérmico: el Palæoniscus superster, de Egerton, hallado en Rowington (condado de Warwich), parece ser el último representante del género.

Los Amblypterus, cuya distribucion geográfica es como la de los Palæoniscus, difieren de ellos por tener la cola mas corta y mas grandes las aletas, que carecen de espinas anteriores. En la figura 69, *a* indica la superficie exterior de las partes de dos series de escamas ganoidéas romboidales; y *b* la interior, que marca la abertura formada en una extremidad para encajar en la escama siguiente. La especie en que mas marcada aparece tal estructura es el Amblypterus striatus, de las formaciones carboníferas de Newhaven. Otras especies han dejado sus restos en el periodo triásico.

Los Elonictis, del carbonífero de Wettin, que tienen los huesos de las mandíbulas estriados longitudinalmente, presentan otros caractéres de los dos géneros citados.

Los Plectrolepis, del carbonífero de Escocia, se distinguen por sus gruesas escamas, con cuatro ó cinco espinas en su borde posterior; y tambien por tener la dorsal mas avanzada que en ningun otro género de paleonicidos.



Fig. 69.—ESCAMAS DEL AMBLYPTERUS STRIATUS (*Carbonífero*)

FAMILIA VI—SAURICTIDOS

En el terreno carbonífero de Carluke, cerca de Glasgow, y en otras localidades, han dejado sus restos magníficas especies de ganoidéos de escamas romboidales, y con grandes dientes, que rivalizan en algunos conceptos con las de los grandes saurios, siendo este último carácter la causa de que se les confundiera con ellos: constituyen el género Megalichthys, de Agassiz. La cabeza hállase protegida por fuertes placas genoidéas de hermoso pulimento; y las escamas son de ordinario granuladas exteriormente. El género típico, Saurichthys, tiene los dientes encajados en una cavidad alveolar, como en el Ictiosauro, hallándose la corona dividida por una ligera contraccion desde la base. Todas las especies conocidas de Saurichthys son triásicas: el S. longidens es procedente del horizonte osífero de Bristol.

FÁMILIA VII—CATÚRIDOS

Peces homocercos rombo-ganoidéos, con una corta aleta dorsal, y algunos dientes mucho mayores que los demás.

GÉNERO CATURUS

En este género se observa que las mandíbulas están armadas de grandes dientes cónicos y compactos; las escamas son delicadas; las aletas de regular tamaño; todas las especies son homocercas y notocordales (fig. 70). La dorsal *d* es opuesta á la ventral *v*. Una especie de Caturus (C. Bucklandi) es del lias; pero las mas, como el C. furcatus, proceden

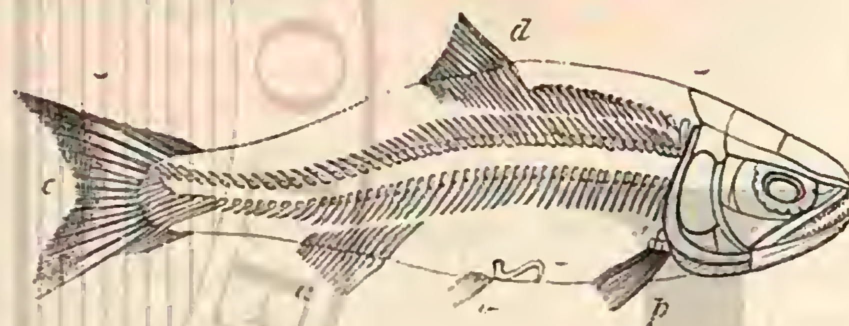


Fig. 70.—CATURUS FURCATUS (*Oolita*) de Solenhofen

de las calizas litográficas de Solenhofen. La especie mas recientemente conocida, C. similis, es de la creta de Kent.

Los géneros Pachicormus, Saurostomus, Souropsis, Thrissonotus y Eugnathus son liásicos, todos de la presente familia. Algunos paleontólogos consideran que está representada en la actualidad por el género norte-americano Lepidosteus; pero en este pez el cordon dorsal hállase convertido en cuerpos vertebrales óseos, unidos por articulaciones, y la cola es heterocerca.

FAMILIA VIII—PICNODANTIDAS

El nombre de este grupo de peces ganoidéos se refiere á la forma redondeada de la mayor parte de los dientes, sobre todo de aquellos que están fijos al paladar; los anteriores, muy reducidos en número, son pequeños y sub-prensiles; pero todos indican que estos peces pueden alimentarse de animales testáceos y crustáceos. En los modernos sparoideos, cuya denticion es análoga, los dos premaxilares están opuestos á los dos premandibulares; pero en los extinguidos Picnodontes, el vomer, como en los Anarquides, opone su pavimento de dientes al de los dos premandibulares muy aproximados entre sí, ó sea á los elementos dentarios de la mandíbula inferior.

Los Picnodontes eran en su mayor parte peces de cuerpo alto, y simétricamente comprimido lateralmente: algunas de las primitivas formas tenian el carácter heterocerco; pero los que componen la mayoría de la familia eran homocercos.

El tipo de los picnodontidos se manifestó primero en el terreno carbonífero por el género Platysomus, y por la especie P. parvulus, que se encontró en dicho horizonte en Leeds; siquiera el género esté principalmente representado

por especies pérmicas, de las cuales constituye un buen ejemplo el Platysomus gibosus (fig. 71).

En el lias se encuentran muchos magníficos peces fósiles de este grupo, que Mr. Bronn consideró como del género Tetragonolepis. Mr. Egerton ha demostrado que la denticion es la de los Picnodontes, ofreciendo íntima semejanza con la del Microdon; pero con el aparato masticatorio mas pequeño en proporcion al tamaño del pez.

GÉNERO PYCNODUS

El género tipo de la familia se caracteriza por el gran tamaño de los dientes, de corona plana y redondeados, que cubren las anchas quijadas, formando como un pavimento de tres á cinco series; en la parte anterior de aquellas hay dos ó mas incisivos cortantes, así en la parte superior como en la inferior.

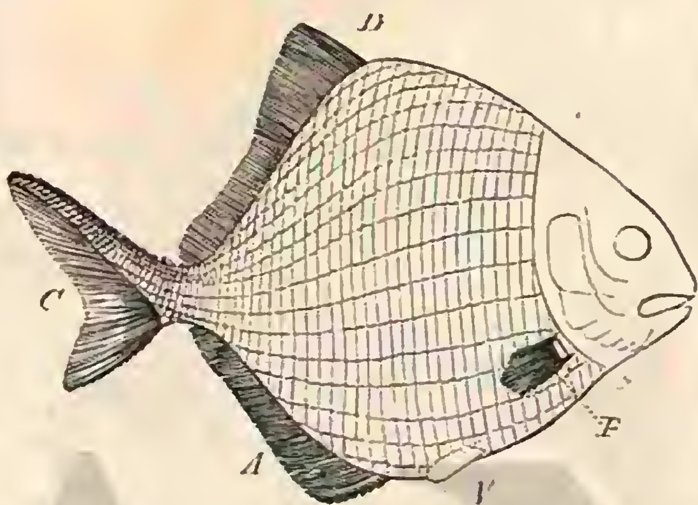


Fig. 71.—PLATYSOMUS GIBOSUS (*Zechstein*) de Mansfield

Las especies de Pycnodus abundan en las formaciones jurásicas superiores al lias: el P. rhombus (fig. 72) procede de la caliza jurásica tan rica en restos animales, que exhala un olor fétido, al menos los ejemplares procedentes de Torre Orlando, cerca de Nápoles. La especie P. cretaceus es de la creta superior de Kent, y el P. toliapicus ha dejado sus restos en la arcilla eocena de Sheppey. Algunos dientes hallados en el mioceno aleman fueron atribuidos á este género; pero en este período, si no en el primitivo terciario, se extinguieron los picnodus.

FAMILIA IX—DAPÉDIDOS

Peces notocordales rombo-ganoidéos, con los dientes anteriores cónicos ó bifurcados, y los posteriores obtusos; la columna vertebral y las escamas de los lados se continúan en el lóbulo superior de una aleta anal casi simétrica.

Habiéndose eliminado el Tetragonolepis de Bronn, los peces lepidoidéos agrupados por Agassiz en dicho género constituyen en la presente familia el que Egerton designa con el nombre de Æchmodus. Las especies de este género difieren de los Dapedius por tener los pequeños dientes anteriores cónicos y puntiagudos, en vez de ser bifurcados; y aunque este carácter se halla sujeto á variaciones considerándole en general á los dapedioides, parece ser suficientemente constante para justificar la separacion hecha por Egerton.

El género típico Dapedius está representado por un pez de cuerpo comprimido y alto, con una sola dorsal, y que tiene comunmente los dientes anteriores nudosos: todas las especies son del horizonte liásico. Los Ambliurus, de forma semejante, y tambien liásicos, presentan una aleta anal muy estrecha; la boca, bastante ancha, está armada de pequeños dientes puntiagudos. Los Semionotus y los Philodophorus son peces de cuerpo prolongado, hallándose sus representantes distribuidos desde el lias hasta las formaciones superiores de Purbeck (Philodophorus ornatus) y la creta (Semionotus Bergeri).

FAMILIA X—LEPIDÓTIDOS

Los lepidótidos son peces homocercos rombo-ganoidéos, con dientes obtusos y vértebras bien osificadas.

El género tipo de esta familia, el Lepidotus, es notable por la densidad y pulimento de sus grandes escamas romboidales é imbricadas; tiene una corta aleta dorsal opuesta á la anal. Las especies están distribuidas desde el lias hasta la creta; y una de ellas, el Lepidotus Maximiliani, se encuentra en el período terciario, en la caliza basta de París.

Los Nothosomus y Ophiopsis tienen la aleta dorsal muy larga; en los Notagogus y Propterus está casi dividida en dos.

FAMILIA XI—LEPTOLÉPIDOS

Los ganoidéos de esta familia son homocercos, con pequeñas escamas redondeadas. En el género tipo Leptolepis (fig. 73) son sumamente delgadas; pero aun se descubre en ellas una capa de sustancia ganoidéa, que ha contribuido á su conservacion; los dientes son pequeños, en forma de cepillo, contándose dos mayores en la parte anterior; las vértebras están osificadas. Las especies del Leptolepis están distribuidas desde el lias hasta las calizas jurásicas de Eichstadt; abundan mucho en los depósitos litográficos de Solenhofen y Pappenheim.

No se tiene conocimiento de que el tipo lepidoganoideo sea anterior al período devónico, en el cual, no obstante, ofrecia ya dos formas de escamas; en los dípteros eran romboideas y en los holoptiquios redondeadas. Entre los lepidoganoideos del carbonífero, los géneros Palæoniscus, Pygopterus, Acrolepis, Eurynotus, y otros varios, tienen las escamas romboidales; los Cœlacanthus, Isodus, Phillolepys, Hoplopygus, y algunos mas, presentan escamas redondeadas.

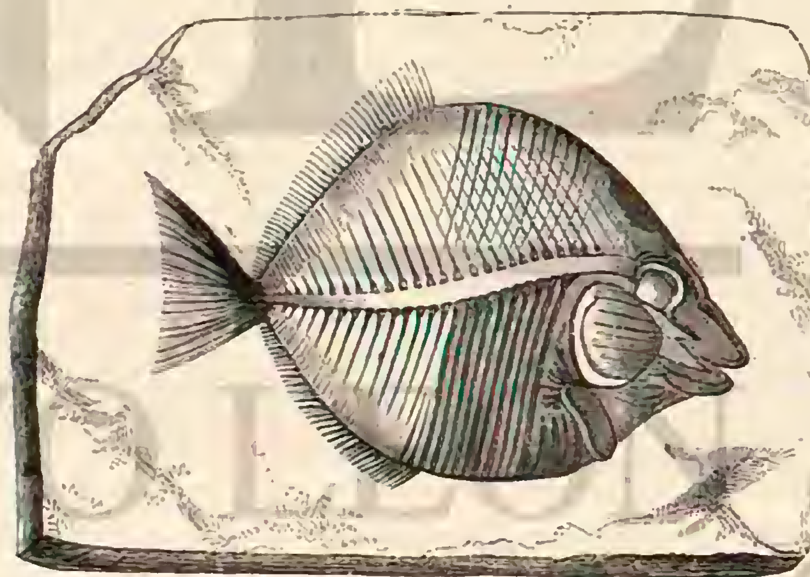


Fig. 72.—PYCNODUS RHOMBUS (*Oolita superior*)

De los géneros citados, los Acrolepis, Pygopterus, Palæoniscus y Cœlacanthus continúan representados en el terreno pérmico, donde se encuentran tambien especies de los géneros ganoideos Dryperus y Globulodus, si es que los dientes en que este último está basado no pertenecen al Platysomus, género picnodontido, que es á la vez pérmico y carbonífero.

Las formaciones de los períodos mesozóico ó secundario ofrecen restos del completo desarrollo del órden ganoideo: en el terreno triásico se halla representado aun por especies heterocercas y notocordales pertenecientes á varios de los

géneros del período pérmico, como los Cœlacanthus, los Amblypterus y Palæoniscus. El placodus, supuesto género picnodontido del muschelkalk, ha resultado ser un saurio.

De los treinta y tres géneros de peces del lias, solo cuatro estaban representados en períodos anteriores; mientras que los demás se extienden á las capas superiores oolíticas. Los mas de estos son ganoideos con escamas romboidales; los Leptolepis las tienen redondeadas, forma que aparece mas comun en los géneros mesozóicos posteriores al lias, tal como Thrissops, Megalurus, Oligopleurus, etc.

Los ganoideos heterocercos están casi del todo reemplazados en las series oolíticas por los géneros homocercos, que aparecen por primera vez en la escala de la vida; pero la osificacion del endo-esqueleto no es aun completa. En el terreno cretáceo son numerosos los teleósticos, ó bien peces osificados; y aquí tambien se ven por vez primera peces con las escamas flexibles tenoideas, varios de cuyos géneros continúan representados por especies vivas.

En el terreno terciario disminuye rápidamente el órden ganoideo, siendo reemplazado por peces de esqueleto interno mejor osificado, y con escamas mas delgadas y flexibles. Las bránquias están sostenidas por arcos óseos, y protegidas por rádios branquióstegos y un opérculo. El bulbo aórtico no tiene sino dos valvas, y los nervios ópticos son decusados. Muller propuso para este grupo, comprendiendo la mayoría de los peces existentes y aquellos que aparecieron durante el período terciario, el nombre de teleosteos, que casi corresponde á los peces óseos de Cuvier. La diferencia de forma de la escama no parece haber tenido mas importancia, para la distincion, en los peces que las presentan flexibles ó córneas, que en aquellos provistos de escamas duras y con esmalte; el borde dentado, no obstante, de la escama blanda, puede servir, como el tipo cicloideo, para caracterizar pequeños grupos.

ÓRDEN IV—ACANTOPTERIGIOS

CARACTÉRES.—Endo-esqueleto osificado; aletas con uno ó mas de los primeros rádios desunidos, ó espinas no flexibles; las ventrales mas avanzadas que las pectorales.

SUB-ÓRDEN I—TENOIDEOS

Exo-esqueleto como las escamas tenoideas (fig. 75).

Este sub-órden comprende las familias existentes representadas por la percaberma y el chætodonte: bastará citar como ejemplo dos géneros, ambos extinguidos. El un (Semiophorus), pertenece á la familia de los quetodontes; el otro (Smerdis) á los percoidéos.

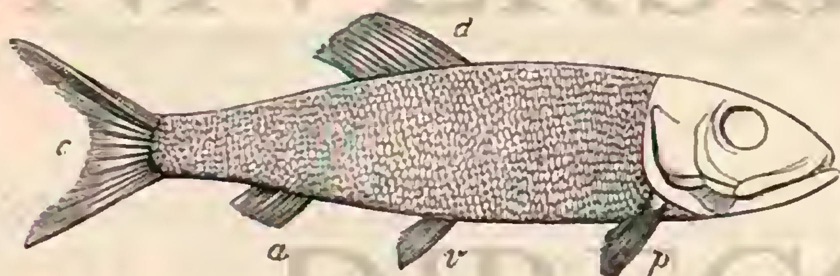


Fig. 73.—LEPTOLEPIS SPRATTIFORMIS (*Oolita*) de Solenhofen

El género Semiophorus (fig. 74) está exclusivamente representado por especies peculiares de los depósitos terciarios de Monte Bolca: se caracterizan por la extremada altura ó prolongacion de la parte anterior de la aleta dorsal, y por la correspondiente de las delgadas y puntiagudas ventrales; la aleta anal es mucho mas corta. Atendida la naturaleza soluble de las escamas, y al esqueleto bien osificado, los fósiles de este pez, como los mas de los otros terciarios, se evidencian mas bien por la columna vertebral y el cráneo que por la piel.

GÉNERO SMERDIS

Las especies que constituyen este género son de reducido tamaño, y se encuentran principalmente en las capas terciarias de ictiolitos de Monte Bolca; pero algunas, como por ejemplo, el smerdis minutus (fig. 76), son de los depósitos del eoceno de Francia. En todas las especies se observa que el primer hueso sub-orbitario, ó lagrimal está fuertemente dentado, como tambien el preopérculo; pero este no tiene espina en el ángulo; el opérculo termina posteriormente por una prominencia redondeada; cuéntanse dos dorsales, y las escamas son pequeñas.



Fig. 74.—SEMIOPHORUS VELICANS (*Monte Bolca*)



Fig. 75.—ESCAMA DE LA PERCA (*reciente*)

SUB-ÓRDEN II—CICLOIDEOS

Este sub-órden comprende los peces teleósticos que tienen desunidas las espinas de la parte anterior de la dorsal y las escamas lisas, flexibles, circulares ó elípticas. No está representado mas allá del período cretáceo; donde como en el terciario eoceno las especies son de las extinguidas. Hoy

dia está ricamente representado dicho sub-órden por las familias de los esfirenoideos, escomberoideos y jifioideos.

Hay dos especies de peces espada existentes, el Xiphias y los Hirtiophorus; en los primeros, la prolongacion de los premaxilares confluentes afecta la forma de espada plana, y en los otros redondeada.

En la arcilla del eoceno de Sheppey y de Bracklesham, se hallaron los restos fósiles de uno de esos apéndices óseos en forma de espada; pero mucho mas largo y delgado que el de

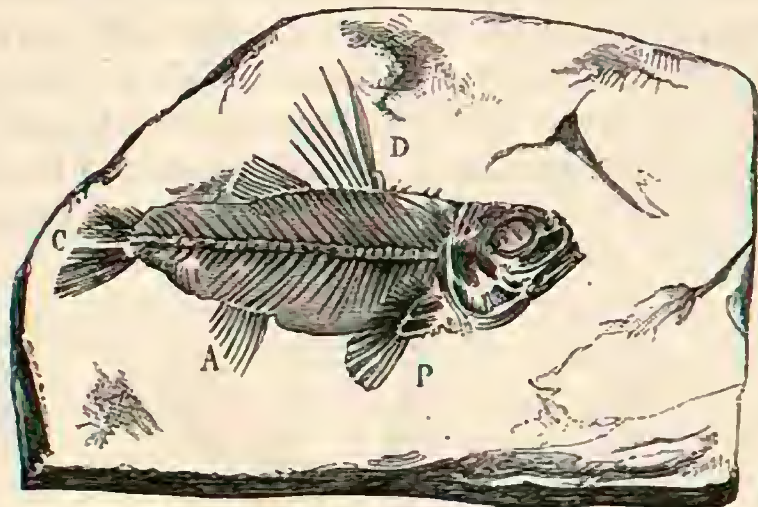


Fig. 76.—SMERDIS MINUTUS

los Histiophorus existentes, que Agassiz lo atribuye á un género extinguido de la familia de los Jifioideos, llamado Cœlorynchus, ó pico hueco. El mejor ejemplar conocido hasta aquí era el que formaba parte de la coleccion del señor Le Hon, en Bruselas, así por su extraordinairo tamaño como por su buen estado de conservacion.

ÓRDEN V—ANACANTINOS

CARACTÉRES.—Endo-esqueleto osificado; exo-esqueleto que parece cicloideo en algunos, tenoideo en otros; aletas sostenidas por radios flexibles ó articulados; las ventrales, cuando existen, están mas bajas que las pectorales.

FAMILIA—GÁDIDOS

La familia típica de este órden es la que comprende el bacalao, la merluza, y otras varias especies de los gadus de Linneo.

El Merlinus cristatus, y el Rhinocephalus planiceps, de la arcilla de Lóndres, son las formas mas antiguamente conocidas de la familia; el bacalao propiamente dicho (morrhua) no parece haber existido antes del período actual.

FAMILIA—PLEURONÉCTIDOS

(PECES PLANOS)

En esta familia se pierden las formas simétricas, estando situados ambos ojos en un lado de la cabeza. En los depósitos terciarios se han encontrado especies de géneros aun existentes de esta familia tan modificada. El pequeño rodaballo (Rhombus minimus) se encuentra en los depósitos terciarios de Monte Bolca; y otra especie de sollo, igualmente extinguida (Solea antiqua), fué descubierta en las margas terciarias de Ulm.

ÓRDEN VI—MALACOPTERIGIOS

CARACTÉRES.—Esqueleto cartilaginoso; exo-esqueleto y escamas del tipo cicloideo; aletas sostenidas por radios, todos los cuales el primero de la dorsal y pectoral de algunas especies, son blandos ó están unidos. Los malacopterigios son abdominales ó apodos, y tienen branquias libremente operculadas.

La carpa, el arenque, el salmon y la anguila representan principalmente este órden; pero las especies de todos estos géneros que han dejado sus restos en el terreno terciario (ninguno es mas antiguo), difieren de las existentes.

Los ganoideos de dichas formaciones se hallan reducidos á los géneros Lepidosteus y Accipenser; pero pueden haber estado representados por los palatinos con dientes, desde la arcilla de Sheppey, á los cuales se ha dado el nombre de Pisodus y Phyllodus.

«Por lo que hace á los peces del período terciario, dice Agassiz, se asemejan de tal modo á las formas existentes, que es con frecuencia difícil, considerado el enorme número de especies vivas (mas de ocho mil), y el estado imperfecto de la conservacion de los fósiles, determinar exactamente sus relaciones específicas. En general podia decirse que no se ha encontrado todavía una sola especie del todo idéntica con cualquiera pez marino de la actualidad, como no sea el Mallotus villosus, que se halla en los nódulos de arcilla de una época geológica desconocida en Groenlandia.

Ninguna clase de animales tiene tanta importancia como la de los peces en su aplicacion al gran tema promovido por los partidarios de la evolucion y de las creaciones sucesivas, pues su testimonio está exento de las objeciones que pueden hacerse sobre la naturaleza defectuosa de las pruebas negativas que aducen aquellos en la conocida historia genética de los animales de respiracion aérea. Verdad es que muchos séres que viven en tierra no son nunca llevados al mar; pero puede esperarse que algunos depósitos marinos presenten espacios propios para determinar el carácter general de los animales que abundaron en los mares, precipitando tales depósitos.

Segun el estado actual de nuestros conocimientos, no podemos asignar á ninguno de los pasados períodos de la historia de la tierra un carácter derivado de un completo y diverso desarrollo de toda clase de los peces que el que se ha manifestado hasta aquí, ni es posible dar por sentado tampoco que dicha clase ha degenerado en cuanto al número, la fuerza, la importancia ó las modificaciones del tipo. Del exámen retrospectivo de la historia genética de los peces, surge mas bien la idea de un cambio que de un progreso, al que ha estado sujeta la clase en el trascurso de los tiempos geológicos. Ciertos grupos, que ahora han disminuido, fueron primitivamente muy numerosos, como sucede con el órden de los ganoideos en el período mesozóico, y las formas de los plagiostomos en la misma época y la paleozóica.

En cuanto á la variedad de formas de los peces, ante el hecho de que la tierra no ofrece ninguna indisputable evidencia de los tenoideos ó cicloideos anterior á la época cretácea, mientras que conserva todavía representantes vivos de los ganoideos y placoideos, parece que el presente período es el del máximo desarrollo de los peces, por lo que hace al número de formas ordinarias ó modificaciones de la clase. Representa, sin embargo, mas bien los resultados de un cambio que depende de la progresiva apropiacion de un tipo mas especial, y los escomberoideos parecen figurar ahora en primer término de la modificacion de los peces en las series vertebradas. Pero como la persistencia de los caractéres generales de los vertebrados, en las mas primitivas formas de peces implica mas íntima afinidad con los séres de la clase de respiracion aérea y sangre fria, puede suponerse un mas elevado carácter de organizacion en los placoideos y ganoideos paleozóicos, que en los tenoideos y cicloideos forman la gran mayoría de la clase en la actualidad. El anatómico

que se proponga disecar un tiburon, un políptero ó un lepidosteo, se fijará particularmente en la estructura del cerebro, del corazon y de los órganos generativos; pero el paleontólogo indicará el cordon dorsal persistente y la cola heterocerca en los peces paleozóicos y muchos mesozóicos para demostrar una paralizacion en el desarrollo, ó una persistencia de los caractéres embrionicos en aquellos peces primitivos.

Otra conclusion podria deducirse de los cambios de forma de los peces en diferentes épocas de la historia de la tierra; y es que algunas especies, tal como el nutritivo bacalao, el sabroso arenque, el delicado salmon y el suculento sollo, predominaron en gran manera durante el período que precedió inmediatamente y acompañó al advenimiento del hombre, ocupando el lugar de otras especies que, á juzgar por los cartilaginosos tiburones y los huesosos lepidosteos, eran mucho menos apropiadas para proporcionar á la humanidad un sabroso y sano alimento.

ICNOLOGÍA

Al empezar la historia genética de la clase de los reptiles, debemos averiguar, como hicimos con los peces, en qué período de la historia de la tierra aparecieron, y bajo qué formas; en qué época alcanzaron su mayor desarrollo, discurriendo respecto al tamaño, grado de estructura, número y diversidad de sus representantes, relaciones que las especies actuales de las clases conservan con las precedentes. Hace veinticinco años que los mas antiguos restos de reptiles conocidos eran los del llamado monitor de Turingia, del terreno pérmico de Alemania; pero desde entonces se ha descubierto el Apateon ó Archegosauro en un depósito carbonífero de Baviera; y en las areniscas carboníferas de la América del Norte se han reconocido huellas que atestiguan el hecho, si no el principio de la existencia de los reptiles en aquel período de la historia de la tierra; pero debe tenerse presente que las evidencias que dejan los animales de su primitiva existencia sobre la tierra, no se reducen á restos fosilizados.

Hay diversas circunstancias, bajo las cuales pueden conservarse despues de perecer el cuerpo, las impresiones de este en una parte de la superficie de la tierra bastante blanda para admitirlas. Cuando una concha se sumerge en la arena ó en el cieno, que en el trascurso del tiempo se endurece como la piedra, y cuando esta concha es removida por cualquier agente, puede llegar á ocupar su sitio una sustancia cristalina ú otra mineral cualquiera, conservándose así la evidencia por una impresion, para la cual ha servido de molde la cavidad formada por la concha. Si esta se ha hundido con el animal dentro, la materia plástica puede penetrar en la cavidad que aquel habita hasta donde lo permitan las partes blandas contraidas; y como estas se disuelven lentamente, su lugar puede ser ocupado despues por depósitos de la materia que se habia mantenido en disolucion ó suspension en el agua, y tal depósito, comunmente cristalino, es susceptible de recibir y conservar algun color de las partes blandas, á las cuales ha sustituido.

De este modo se han conservado huellas de animales de cuerpo blando, tales como las actinias y las medusas, y hasta los excrementos de otros séres de organizacion superior. Los restos fósiles, segun los han llamado, de plantas blandas, son de ordinario impresiones formadas naturalmente en la matriz despues que el sér pereció del todo.

Aun allí donde el cuerpo se ha separado de su sitio desde luego ó poco despues de efectuar la presion, puede conservarse su huella. Una película superficial de arcilla, bastante tenaz para resistir el escape de una burbuja de gas, puede retener, cuando petrificada, la marca circular de la vejiguilla que reventó. La luz y el calor del relámpago deja huellas de su paso por el tubo vitrificado que pudo formar con las partículas arenosas fundidas á su paso á través de la tierra; el granizo, las gotas de lluvia, y aun el viento que las impulsó por la arena, se han reconocido en impresiones de las cavidades que primitivamente formaron en el blando terreno de la playa; y hé aquí cómo han llegado hasta nosotros, desde épocas cuya fecha se pierde en la noche de los tiempos, las evidencias de estas y otras acciones meteóricas, escritas así en la piedra imperecedera. La forma de todo animal, que se arrastra, que anda, que corre, salta ó se desliza, podia producir una depresion, una huella, dejando por lo tanto una señal de su existencia, y hasta cierto punto de su naturaleza.

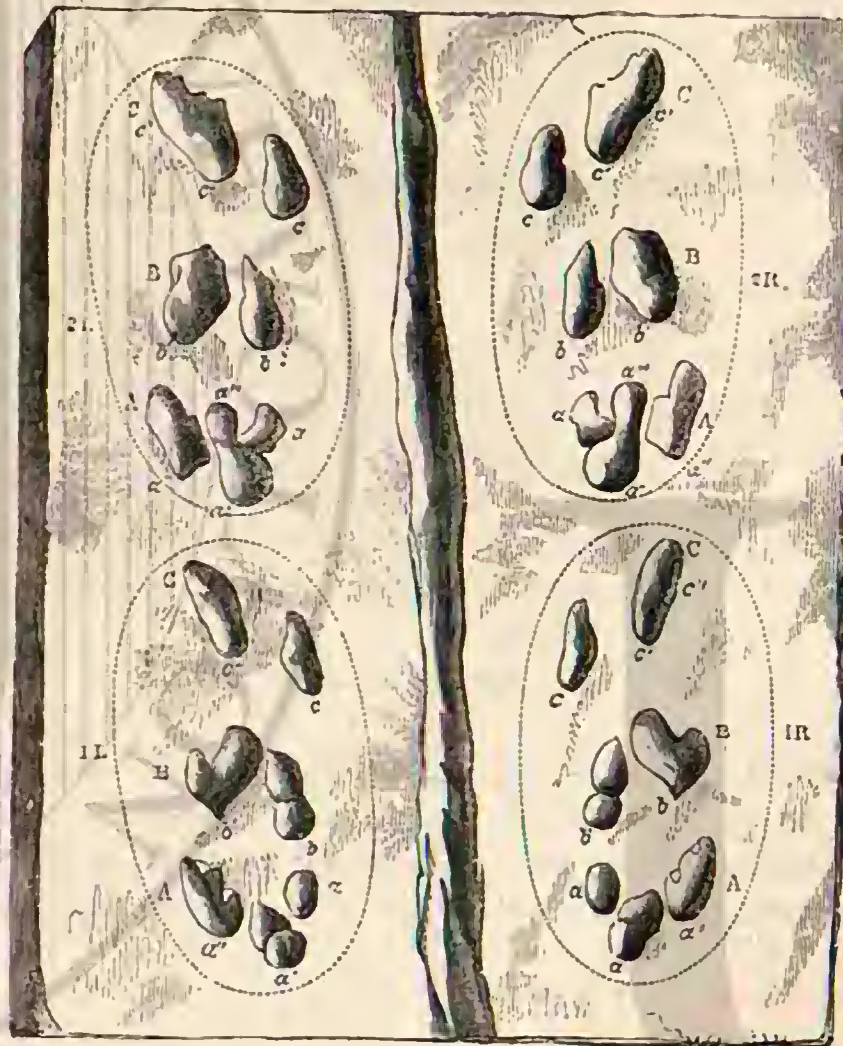


Fig. 77.—PROICNITES (*Cambrico*)

La interpretacion de tales evidencias de la primitiva vida puso en juego la sagacidad de los naturalistas desde que el Dr. Duncan infirió por primera vez en 1828 la existencia de las tortugas en el período de ciertas areniscas de Dunfriesshies, por las impresiones allí observadas y la especie de moldes que despues formaron. Este estudio de interpretacion se ha perfeccionado aun mas por el exámen de semejantes señales de huellas extraordinarias (fig. 78), dejadas probablemente por grandes reptiles batracios, y que fueron reconocidas por primera vez en 1834 en Hildberghausen (Sajonia) en areniscas de la misma edad que las de Escocia.

El gran número y variedad de tales impresiones, debidos, ya á las fuerzas físicas ó meteóricas, á los cuerpos orgánicos muertos, sus partes ó productos, ó bien á la accion transitoria de los séres vivos, han contribuido por fin á que se establezca una notable seccion en las investigaciones paleontológicas, á la cual se ha dado el nombre de *Icnología*.

En esta clase de evidencias, llamadas proicnites (fig. 77), las que se observaron en las areniscas de Postdam, del período silúrico mas antiguo en el Canadá, son las que datan de mas remota época; pero las huellas de aves sobrepujan á todas las demás por su número, por lo bien marcadas y por la variedad que ofrecen.

Podria preguntarse: ¿cómo se conservan semejantes hue-

llas? A lo cual contestaremos que el procedimiento mas comun se puede observar diariamente en las playas ó riberas donde la marea sube mucho y en las que el fondo del mar es á propósito para recibir y retener las impresiones hechas en aguas bajas.

El Dr. Gould, de Boston, fué quien primero llamó la atencion de los naturalistas sobre este curioso procedimiento, que observó en las playas de la bahía de Fundy, donde la marea, segun dicen, alcanza en algunos sitios hasta setenta piés de altura. Las partículas depositadas por la masa líquida proceden de la destruccion de rocas que antes existieron, y consisten en porciones cuarzosas y micáceas, cementadas por pasta caliza, que contiene sales de sosa, particularmente clorhidratos, coloreada diversamente por óxidos de hierro. La mayor ó menor perfeccion de la superficie para recibir y retener las impresiones depende mucho del elemento micáceo. Inmenso es el número de aves que recorren el vasto espacio de aquella superficie plástico-rojiza, que ha quedado en seco por la retirada de las aguas en la bahía de Fundy. Durante el período que trascurre entre una marea y la siguiente, la parte mas alta del depósito formado queda expuesta suficiente tiempo para recibir y retener muchas impresiones; en las horas en que mas fuerte es el calor del sol, al que queda expuesta en los meses de verano aquella superficie recorrida por las aves, hasta la capa últimamente depositada se cuece, por decirlo así, se seca y endurece; y antes de que las aguas, enturbiadas ya con los mismos materiales de un segundo estrato, tengan fuerza para romper el precedente, las impresiones practicadas en aquel han recibido el depósito. De esta manera se toma una forma del molde préviamente hecho, y el sedimento sobrepuesto por las sucesivas mareas tiende mas y mas á fijarle. Despues trascurren las edades, y las influencias de la petrificacion consolidan las capas de aréna, convirtiéndolas en una roca pizarreña, que agrietándose ó abriéndose luego, deja al descubierto los antiguos moldes.

Otras circunstancias concurren para que se fijen las impresiones en una playa arenosa, á saber: cuando un gran espacio llano queda en seco por la retirada de las aguas, como sucede en el brazo de los pequeños rios que penetran en la bahía de Morecambe, en la costa de Lancashire: estos rios bañan las arenas, depositando en las huellas practicadas antes el barro fino que las pesadas lluvias arrastraron de pronto desde las colinas inmediatas; fórmase despues una capa arcillosa delgada sobre la arena, y en ella se graban muy pronto las huellas de las muchas aves que recorren la superficie, susceptible de endurecerse lo bastante, para retenerlas cuando la marea vuelve á depositar una nueva capa de la fina arena que las aguas llevan en suspension.

Las impresiones mejor marcadas en la nueva arenisca roja de Stourton, en la costa de Cheshire, son las que se encuentran donde el terreno está dividido por una delgada capa de piedra arcillosa, que una vez al descubierto, se agrieta y fracciona. Esta capa habia recibido, sin embargo, las impresiones cuando era plástica, y el depósito superior de arenisca las conserva en relieve sobre la superficie inferior. Las condiciones que producen la interposicion de una delgada capa de piedra arcillosa entre otras mas gruesas de arenisca, lo cual se ha visto con frecuencia en la bahía de Morecambe, explican la formacion y conservacion de los mejores icnites del labirintodonte y otros reptiles en la nueva arenisca roja de Stourton.

Aun es de notar una tercera condicion por la cual pueden conservarse las impresiones en una playa arenosa. Cuando sopla viento seco, levántanse nubes de fina arena sobre la superficie expuesta en las aguas bajas, las cuales, extendiéndose ligeramente sobre las pequeñas desigualdades, llenan todas las impresiones que pudieron formarse cuando aquella quedó en seco por la retirada de las ondas. Al volver la marea, humedécese la arena fina que llena las impresiones, agregándose á ella otra, húmeda tambien; y de este modo se fija una impresion en los moldes, que adquirirá mas consistencia á cada nueva deposicion de la marea.

Así se observa diariamente, en las actuales circunstancias, el procedimiento que tiende á conservar las huellas y otras impresiones practicadas en las playas, y que se efectuó en las pasadas edades para retener de una manera análoga las que entonces dejaron los animales. El mérito de haber observado primeramente tan curioso hecho corresponde á Juan Cunningham, arquitecto de Liverpool; y desde que se difundió esta luz sobre las impresiones, reconociéronse muchas bajo modificaciones diversas, figurando entre ellas las de las gotas de lluvia, impelidas oblicuamente por el viento, y las del granizo. El Dr. Dean escribia en 1845 lo siguiente, al hablar de las observaciones que hizo sobre el hecho cerca de Greenfield: «Yo he visto las impresiones de las gotas de agua, tan marcadas como en el momento de caer sobre la tierra. Cuando un banco es de sedimento, ó en otros términos, debido á la precipitacion de las partículas que lleva el agua, en la que estuvieron antes suspendidas, tendremos una prueba de la existencia de aquel elemento con todas sus propiedades de condensacion por el frio, expansion y evaporacion por el calor.» Nada tiene pues de extraño que las impresiones de las gotas de lluvia se reconocieran en las mas antiguas rocas de sedimento. Las condiciones se coordinan así en los fenómenos orgánicos como en los meteóricos; dada una de ellas, se pueden deducir las demás.

Las rocas mas antiguas en que se han observado impresiones de lluvia son las del período cámbrico en Longmynd (Gales). Muchas de las capas micáceas de la misma formacion están cubiertas de surcos ó señales de corrientes, descubriéndose tambien rastros de anélidos y una huella de trilobites (Palæopige), especie la mas antigua de América.

En las areniscas de Postdam de la misma época geológica, es donde se vieron impresiones, consideradas como de un gran crustáceo entomostráceo.

Daremos á conocer ahora el siguiente ejemplo, aplicable á una sola especie, para que se pueda formar idea del procedimiento icnológico.

PROTIGNITES SEPTEM-NOTATUS (*fig.* 77)

Se ha dado este nombre á una serie de impresiones bien marcadas, que se continúan en sucesion regular en un espacio de cuatro piés, y que se distinguen asimismo, aunque no tan claramente, en una extension de dos.

En el primer espacio hay treinta grupos sucesivos de huellas á cada lado de un surco central; su número no es el mismo en cada grupo; donde aparecen mejor marcadas, como en la figura 77, se ven tres impresiones *a*, *a'*, *a''*, formando en los grupos sucesivos los números 3, 2, 2.

Las principales huellas están pareadas, y dispuestas con distintos grados de oblicuidad en cada uno de los tres grupos, hácia la línea media; la huella mas interior de los pares segundo y tercero B, C, que son las mejor marcadas, suelen ser una mitad mas grandes que la exterior *b' c'*.

Las dos huellas del mismo par están un poco mas separadas en los tres siguientes, como en *a'*, *a''*, *b*, *b'*, *c*, *c'*, particularmente en el segundo y tercer grupos de cada serie; las que constituyen el par *a' a''* se aproximan de nuevo á las otras series, y los pares *b b'* y *c c'* divergen en la misma direccion y grado.

Obsérvase en estas impresiones que mientras la mas interior de cada par, a', b, c, son de igual tamaño, la mas exterior, a'' b', c' 1 L, aumenta progresivamente en dimension, desde el mas aproximado al mas divergente de los tres pares; la del primero, a'', es angosta en proporcion á su anchura, la del segundo, b', tan ancha como larga, y la mas exterior c' c'' del tercer par, tiene la forma oblonga, pero es mas ancha que en el primer par. En algunos sitios donde están muy marcadas las impresiones se ve un hueco ó concavidad muy pequeña a''', 2 L.

Nótase una ligera variacion en la forma y profundidad de las impresiones; pero no tanta que no se reconozca su proporcion, es decir, que la mas interior de cada uno de los tres pares A B C se identifica con la correspondiente del lado opuesto.



Fig. 78.—HUELLAS DEL LABIRINTODONTE

Las impresiones elegidas para la figura 77 demuestran claramente que el animal, marchando con poca fijeza, marcó á cada accion de sus miembros locomotores, que indicaban el paso sencillo del bípedo y el doble del cuadrúpedo, catorce huellas, siete á la derecha y otras tantas á la izquierda, como representa el proticnites 7-notatus; y ocho respectivamente en el proticnites 8-notatus. Todas las impresiones aparecen dispuestas en tres grupos, hallándose estos marcados en series sucesivas, de una manera tan semejante y regular, que no admite duda que fueron impresos por repetidas aplicaciones de los mismos miembros, capaces de moverse á suficiente distancia para salvar las impresiones anteriores y practicar otras nuevas con el mismo intervalo.

Pero ¿cuál era la estructura ó disposicion de los miembros que tales huellas dejaron? Para contestar á esta pregunta se pueden inventar varias hipótesis: en primer lugar, y como en el caso de impresiones de cuadrúpedos, pudo practicarse cada una por su propio miembro, lo cual supondria la existencia de siete y ocho pares para las dos especies respectivas. Tambien es posible que ciertos pares fueran bifurcados, como se ve en varios insectos y crustáceos, y alguno ó algunos trifurcados en sus extremidades; de modo que cada grupo de impresiones se practicó por un solo miembro así subdividido, en cuyo caso tendríamos la evidencia de un animal notable de piernas muy anchas y cortas. Es igualmente probable que tres pares de miembros fueran bifurcados, y que las huellas suplementarias se imprimieran por otros mas pequeños y agregados, como podrian resultar del paso de un crustáceo. Por último, es admisible la suposicion de que un solo miembro, ancho, semejante á una aleta y dividido en siete ú ocho puntas obtusas, imprimiera las series de los tres grupos por medio de sucesivas aplicaciones en la arena.

Esta última hipótesis parece la menos probable, en primer lugar porque se aleja de las analogías conocidas; y en segundo porque las variedades observadas en los grupos de huellas apenas convendrian con las impresiones que dejara un miembro subdividido.

Por lo que hace á la hipótesis de que cada impresion se practicara por un miembro independiente, es muy difícil el concebir cómo siete y ocho pares pudieron reunirse en tan corto espacio á los lados de un animal. En su consecuencia, lo mas admisible es que los séres que dejaron dichas huellas en las mas antiguas playas conocidas pertenecieron á un género de crustáceos, ya provistos de tres pares de miembros para la locomocion, con otros divididos que convinieran con el número de impresiones de cada grupo, ó bien bifurcados sencillamente, debiéndose atribuir las impresiones suplementarias á un cuarto ó quinto par de extremidades mas pequeñas.

El gran entomostráceo, designado con el nombre de Limulus, que tiene el par de pequeños miembros anteriores cerca de la línea media, y los cuatro siguientes laterales bifurcados en la extremidad libre, con el último par provisto de cuatro apéndices lameliformes, siendo la cola larga y delgada, es el animal que da mejor idea para interpretar las impresiones observadas en las arenisca de Postdam.

La imaginacion se pierde cuando trata de medir la extension del tiempo que pasó desde el período en que vivieron los séres que recorrian las arenosas playas del mas antiguo mar silúrico; pero podemos asegurar que, exceptuando ciertas formas microscópicas vitales, todas las especies de la actualidad recibieron el sér en un período geológicamente muy moderno, si se le compara con dicha época.

Las diferencias que se notan al hacer la comparacion de tipos animales con los hoy existentes es cada vez mayor cuanto mas nos remontamos á las épocas pasadas; el archegosauro y el ictiosauro, en la clase de los reptiles, son una prueba de ello; y en la de los peces, el pterictis y coccosteus. Si el tipo de los vertebrados ha sufrido tan inconcebibles modificaciones durante los terrenos secundario y devónico, ¿cuáles no habrán sido las del tipo de los articulados durante una época probablemente mas lejana de la secundaria que esta de la actual? Es muy posible que ninguna forma de animal viviente ofrezca semejanza con la que indican las huellas de la arenisca de Postdam, para que pueda adquirirse un conocimiento exacto de la estructura y locomocion del sér que dejó sus huellas en aquel terreno.

Desde que se dieron á conocer los icnites silúricos de la América del norte, hánse observado otras impresiones semejantes en las rocas de Escocia, de igual antigüedad, impresiones á las que se ha dado el nombre de proticnites escoceses.

ANFIBIGNITES

GÉNERO QUEIROTERIO

En la fig. 78 se representa en pequeño una parte de la nueva arenisca roja, con seis huellas en relieve. Otras impresiones semejantes han sido observadas en el triásico de Warwickshire y Cheshire, y mas particularmente en una

cantera de arenisca cuarzosa blanquizca de Storton Hill, á pocas millas de Liverpool. Las huellas se marcan por las impresiones, apareciendo tambien en relieve; en el primer caso se ven en la superficie superior, y en el segundo en la inferior. Las impresiones del pié posterior son generalmente de ocho pulgadas de largo por cinco de ancho. Las huellas se siguen por pares, cada uno en la misma línea, y á intervalos de catorce pulgadas.

En la cantera de Storton Hill se han descubierto huellas de una forma correspondiente, pero mas pequeñas, impresas en ligeras capas de arcilla, separadas por otras de arenisca; los moldes sólidos de cada impresion presentan la forma en relieve, ofreciendo un modelo de los piés, de los dedos y las garras de los animales que pisaron aquella arcilla.

Otras huellas análogas se observaron por primera vez en Sajonia, en el pueblo de Hesburgo, cerca de Hillburghausen, en diversas canteras de arenisca cuarzosa gris, que alterna con capas de arenisca roja, del mismo período geológico que las de Inglaterra, recorridas tambien por el mismo extraño animal. El geólogo aleman que primero describió estas impresiones, en 1834, propuso que se diera el nombre de Cheirotherium (*cheir*, mano, y *therion*, animal) al desconocido sér que marcó tales huellas, por la semejanza que ofrecen, así los piés anteriores como los posteriores, con la mano del hombre. El Dr. Kaup conjeturó que el animal podria ser una gran especie de Oposum; pero en el Didelphys se observa que el dedo grueso está en el lado interno del pié posterior. Los cráneos fósiles, las mandíbulas, los dientes y algunos otros huesos hallados en las areniscas donde se observaron las impresiones, y que podrian corresponder con ellas por el tamaño, pertenecen á los reptiles labirintodontes.

Las huellas del Queiroterio se asemejan á las de una salamandra en que el dedo corto externo del pié posterior, se proyecta casi en ángulo recto con la línea del que ocupa el del centro; pero no son idénticas con los de ningun batracio, ni otro reptil conocido. La proximidad de la impresion derecha é izquierda á la línea media indica un cuerpo estrecho, ó una mayor altura que la de los batracios. Sin embargo, en nuestro empeño de resolver el difícil problema de la naturaleza del animal que imprimió sus huellas en la nueva arenisca roja, no se debe echar en olvido el hecho de que tenemos tambien en los labirintodontes reptiles batracoideos que difieren notablemente de todos los batracios conocidos y de los demás reptiles, por la estructura de sus dientes. Las huellas y los fósiles son peculiares de la nueva arenisca roja; la diferencia de tamaño de las impresiones atribuidas á diversas especies de queiroterios corresponde al distinto grandor de conocidas especies de labirintodontes; y por este hecho es mas admisible la hipótesis de que las huellas llamadas *cheiroteria* pertenecen á los reptiles de aquel nombre.

GÉNERO OTOZUM

Las huellas que se encuentran en las areniscas rojas, correspondientes quizás al período liásico, en Connecticut, y descritas por el profesor Hitchcook con aquel nombre, igualaban en tamaño á las mayores del Cheiroterium (Ch. Hércules); pero el pié posterior no tenia sino cuatro dedos, mientras que en el anterior se contaban cinco, como si el primero, mas ancho que el segundo, hubiera borrado en parte la huella de este último al fijarse en el mismo sitio. En los pocos casos en que se ve distintamente la huella del pié anterior, los dedos aparecen vueltos hácia fuera, como si el cuarto y quinto estuvieran unidos por su base. Solo un dedo del pié posterior ha dejado la señal de una garra; los demás terminan por una especie de ventosas, como en los batracios, á cuya familia atribuye el Dr. Hitchcook las impresiones, aunque suponiendo la posibilidad de que sean de naturaleza marsupial.

GÉNERO BATRACHOPUS (*Batrachopus primœvus*, *King*)

En 1844, el Dr. King, de Grinsburgo, en Pensilvania, descubrió en la arenisca del terreno carbonífero que hay cerca de dicha ciudad varias huellas fósiles, que consideró como pertenecientes á un reptil. Hasta entonces no se habian reconocido en ninguna serie tan inferior impresiones de reptiles; hallándose, segun el Dr. King, cerca de ochocientos piés debajo del estrato mas superior de aquel terreno.

En el *Silliman's Journal*, correspondiente á julio de 1846, Mr. Lyell habla de su visita á Grinsburgo, donde examinó dichas impresiones, confirmando la descripcion que de ellas hizo el doctor King. Considerólas además como afines á las del Labirintodon; y escribió con este motivo: «Consisten, segun ya se ha dicho, en huellas de un gran reptil cuadrúpedo, marcadas en la arenisca, en medio de las series carboníferas, hecho que ofrece la mayor novedad é interés, puesto que por vez primera encontramos en Pensilvania una prueba de la existencia de cuadrúpedos de respiracion aérea en los bosques donde florecieron el caulopteris, la sigilaria, el lepidodendron y otras plantas.»

Las huellas se observaron primero en relieve, en una superficie de arenisca que descansaba sobre otras muy delgadas de arcilla fina, en la que se veian tambien las grietas debidas al resecamiento; estas grietas habian cortado la impresion en el sitio donde la atravesaban, pues el barro debió estar blando cuando el animal le pisó, dejando en él la impresion.

En la misma cantera se contaron nada menos que veintitres impresiones, las mas de ellas dispuestas de modo que indicaban que se marcaron sucesivamente por el mismo animal; en todas partes se veia una doble serie, y en cada una las huellas pareadas, reconociendo que se practicaron con el pié anterior y el posterior; este último, una tercera parte mas ancho, tenia cinco dedos, mientras que en el otro no debió llevar sino cuatro; pero provisto el mas interior, segun las marcas, de una especie de rudimento.

GÉNERO SAUROPUS

En una formacion de pizarra roja, en Pottsville, á setenta y ocho millas de Filadelfia, Mr. Isaac Lea descubrió huellas semejantes, que son mucho mas antiguas que las de que acabamos de hablar, puesto que media un espesor de mil setecientos piés entre las impresiones de Greensfield y las de Pottsville.

En 1851, el profesor Rogers anunció su descubrimiento en la misma formacion, entre los terrenos devónico y carbonífero, de tres especies de animales de cuatro piés, que en su concepto eran mas bien saurios que batracios, puesto que cada pié estaba provisto de cinco dedos; una de las especies, la mayor de las tres, habia dejado huellas de unas dos pulgadas de diámetro, reconociéndose que el pié anterior y el posterior ofrecian casi las mismas dimensiones. Entre las huellas se veian varias grietas, como las que pudiera ocasionar el calor del sol en el barro; y tambien como señales de gotas de lluvia, todo lo cual confirmaba la conclusion deducida de las impresiones, y es que los cuadrúpedos que las

dejaron pertenecieron á una clase de animales de respiracion aérea, y no á los que viven y respiran en el elemento líquido.

CLASE II—REPTILES

ÓRDEN I—GANOCÉFALOS

El nombre de este órden se refiere á las placas huesosas, exteriormente lisas, ó ganoideas, con que estaba protegida toda la cabeza, y en las cuales se comprenden la post-orbital y supra-temporal, que cubren las fosas temporales. No existen



Fig. 79.—ARCHEGOSAURUS (*Carbonífero*)

los cóndilos occipitales; los dientes presentan repliegues de cemento que convergen hácia la parte media; el notocorda es persistente; los arcos vertebrales y los elementos periféricos están osificados; las pleurapófisis son cortas y rectas; existen miembros pectorales y pélvicos, que son natatorios y muy pequeños; las escamas, de reducido tamaño y estrechas, son sub-ganoideas; reconócense vestigios de arcos branquiales.

Los animales extinguidos que presentan esta combinacion de caractéres se indicaron primero por ciertos fósiles descubiertos en la pizarra arcillosa esferosiderítica, que forma el piso superior del terreno carbonífero de Baviera; y en las concreciones esferoidales del carbonífero de Saarsbruck, cerca de Tréveris. En un principio se atribuyeron á la clase de los peces (pygopterus lucius, de Agassiz); pero un ejemplar hallado en Munster-Appel ofrecia caractéres que, reconocidos por el doctor Gergens, resultaron ser los de un reptil salamandroideo. Posteriormente se describieron otros ejemplares descubiertos que fueron figurados por Goldfus y von Meyer. El primero de estos autores propuso el nombre de Archegosaurus, ó lagarto primitivo, para expresar la naturaleza de saurio, que en su concepto tenia esta muy antigua forma de reptil. El estudio mas detenido que se ha hecho despues indujo á creer que el animal tenia mas afinidad con los batracios perenibranquios; y nuevas evidencias, á la par que confirmando las conclusiones que colocan al Archegosauro entre los peces y los reptiles, han demostrado que se relaciona con las antiguas formas ganoideas de la clase de animales de respiracion branquial, mejor que con los mas modernos peces teleosteos de escamas blandas, con los que tienen gran analogía el proteo y la sirena.

El no estar osificada la base de los cuerpos vertebrales del tronco (fig. 79) coincide con la ausencia de los cóndilos occipitales osificados, que caracterizan el cráneo en los batracios de mas perfecto desarrollo. La parte anterior del notocorda se ha extendido hasta la region base-esfenoidea, y su cápsula se ha adherido por medio de un ligamento con las anchas osificaciones planas de las expansiones de la misma cápsula, formando la placa base-occipital ó base-esfenoidea. En la figura 79 se representan los principales modificaciones de las vértebras, como se indican en el cuello, en el tórax, el abdómen, el sacro y la cola. Las vértebras del tronco, en el individuo bien desarrollado, presentan el siguiente grado de osificacion:

Las neurapófisis se unen en la extremidad para formar el arco del cual parte una vértebra comprimida; los lados de la base del arco neural presentan una superficie convexo-articular para la articulacion de la costilla; en la cápsula del notocorda hay tres placas huesosas, que pueden denominarse partes corticales del centro, en el mismo sentido en que se aplica este término al elemento llamado «cuerpo del atlas» en el hombre y los mamíferos. Sin embargo, se ha convenido en llamar á estas partes corticales hipopófisis, pudiéndose dar el mismo nombre á las placas sub-notocordales del Archegosauro, que coexisten con verdaderas hemapófisis en la cola. Las costillas son cortas, casi rectas, y aplanadas en las extremidades; los arcos hemales están al principio abiertos en su base y se van cerrando luego por extenderse la osificacion interiormente.

El tamaño del canal para proteger los vasos sanguíneos caudales indica una gran fuerza muscular, así como las espinas que se forman en los arcos neural y hemal revelan una previsora combinacion para las adherencias ó inserciones musculares, y el desarrollo del órgano caudal natatorio.

El cráneo del Archegosauro parece haber retenido interiormente mucha parte de su primitivo cartílago, habiéndose activado sobre todo la osificacion en la superficie, desde donde, como sucede en las osificaciones craneanas dermoneurales en los peces esturiones y en las formas salamandroideas, parten aquellas de centros mas numerosos que los del verdadero sistema vertebral en el cráneo de los reptiles saurios. El cráneo, muy aplanado ó deprimido, es triangular, con líneas redondeadas, y la frente mas ó menos protuberante, segun la especie y la edad del individuo. El supra-occipital está representado, como en los peces salamandroideos, por un par de huesos aplanados; el par externo que forma los ángulos prominentes de la region occipital representa los par-occipitales. La superficie periférica mas baja

del cartílago base-esfenoidal está osificada y presenta un borde cóncavo hácia el notocorda, á cuya cápsula parece haberse enlazado; los aliesfenoides eran sin duda cartilaginosos, y el protocráneo no parece alterado, como en la region ex-occipital. Las osificaciones periféricas que representan el parietal forman dos huesos planos y oblongos con el agujero parietal en la sutura media; entre los super y par-occipitales están los dos huesos que corresponden á los mastoideos, enlazando exteriormente el timpánico y otra placa huesosa (supra-escamoso). Los huesos frontales están divididos por una sutura media como en los parietales, se prolongan y sobresalen mucho de las órbitas; el hueso que ocupa la posicion del post-frontal en los quelonios está osificado por dos partes, una de ellas se articula con el mastoideo, y la otra, post-orbital, con el supra-escamoso; el post-frontal se extiende mas allá de la órbita para encontrar el pre-frontal; los pre-frontales terminan en punta entre el nasal y el lagrimal; los nasales, divididos tambien por la sutura media, se prolongan mas ó menos segun la especie y la edad del individuo.

Hasta aquí, la osificacion de la superficie del cráneo del Archegosauro está conforme con la de los peces ganoideos salamandroideos antes citados; el hueso lagrimal corresponde evidentemente al grande y ancho sub-orbital de los peces; su mayor tamaño y extension en el Archegosauro indica una prueba de afinidad.

La mandíbula superior se compone de los huesos premaxilares, maxilares y palatinos; los primeros se dividen por una sutura media, como en el lepidosteo y el crocodrilo, y son cortos; la anchura excede á la longitud en el A. latirostris, así como en el A. Decheni; pero en el antiguo animal se observa proporcion. El maxilar se extiende desde el premaxilar hasta mas allá de la órbita; el palatino consiste en un hueso largo y estrecho, que parece ensancharse algo en ambas extremidades; sostiene una línea de dientes, dos de los cuales, situados en la parte anterior, son de gran tamaño.

Entre la órbita y el maxilar se extiende el hueso que corresponde al pómulo del crocodilo y á los sub-orbitales de los peces.

Los ángulos posteriores del cráneo están formados por el timpánico; en los individuos jóvenes no se extiende aquel hácia atrás mas allá del par-occipital; pero con la edad se va prolongando, y parece terminar interiormente en el terigoideo. Las dos ramas de la mandíbula estaban ligeramente unidas; el elemento angular presenta una convexidad que corresponde al punto de osificacion; el dentario forma la superficie articular.

De la comparacion con los peces resulta que la mandíbula inferior del Archegosauro difiere por la gran longitud ó extension de la pieza anuular, pero se asemeja al tipo de aquellos por la sencillez de su composicion. Esta pieza angular, sin embargo, es mas larga en los ganoideos, Amia, Polypterus y Lepidosteus, que en otros peces; en el Lepidosirena, sus proporciones son casi las del Archegosauro; tambien las ofrece semejantes la mandibula del Axolote y del Proteo.

Los dientes del Archegosauro afectan la forma sencilla cónica y puntiaguda; encajan en el pre-maxilar, el maxilar, el mandibular y el vómer, y están dispuestos en una sola serie en cada uno. En los cortos maxilares se cuentan de ocho á doce, algo mas grandes que los del maxilar, que siguen despues en líneas no interrumpidas, contándose unos treinta; pero los huecos que median son tales, que podrian recibir otros tantos en la misma extension del borde alveolar. Los dientes vomerianos están dispuestos en una sola serie paralela con la maxilar, y bastante próxima. Los dientes mandibulares se corren hácia atrás, y van disminuyendo de tamaño, siendo mayores los de la parte anterior. Cada diente encaja por una simple base en una especie de alvéolo en forma de copa, que presenta un ligero borde levantado, con el cual se anquilosa la circunferencia del órgano. Los dientes se aflojan por falta de absorcion y caen para ser reemplazados por otros, que se desarrollan en la parte anterior de la base del primitivo diente. Se componen de osteodentina, dentina y cemento; la primera sustancia ocupa el centro, y la última cubre la superficie de dichos órganos, pero se introduce en su sustancia por muchos repliegues concéntricos indicados por una fina estría longitudinal. El corte del diente indica la misma estructura en este punto que la del Lepidosteus oxyurus.

En la mayor parte de los peces ganoideos de los períodos carbonífero y devónico se observa el mismo principio de estructura dentaria, llegando despues al magnífico grado de complicacion que se observa en los dendrodontes del devónico.

No cabe duda que en el Archegosauro completamente desarrollado serian proporcionados los pulmones para la respiracion que necesitaba el animal; pero los vestigios del sistema respiratorio embrional en el individuo adulto indican que aquel sér vivia en el agua, por lo menos tanto como los reptiles perenibranquios actuales, en los que, á pesar del grado de desarrollo de sus pulmones, las funciones respiratorias parecen efectuarse principalmente por branquias.

Los otros caractéres de afinidad con los peces, que presenta el Archegosauro, por su notocorda persistente, su base-occipital cartilaginoso, sus osificaciones dérmicas en la cabeza, y las pequeñas escamas del cuerpo, le alejan mas del tipo de los reptiles saurios, presentándole evidentemente como una forma de tránsito entre los batracios y los ganoideos.

La cara inferior del cuerpo, entre la cabeza y el tronco, está protegida por tres anchas placas huesosas, una de ellas media y simétrica, con los extremos redondeados; la superficie ó cara exterior presenta varios surcos, excepto en la parte marginal cubierta por las piezas laterales y el arco escapular. Las placas del cuello, fijas en la mitad anterior de los lados de la media, afectan la figura de los elitros de un escarabajo, y convergen hácia fuera.

Von Meyer compara estos escudos dérmicos con los elementos episternos de la coraza ó peto de los quelonios, y cree encontrar la verdadera homología en las anchas placas media y lateral del cuello ó en las escamas del Megalichtys y del Sudis gigas.

Las afinidades con los perenibranquios del Archegosauro se demuestran claramente por el escapular y el arco hioideo. El húmero corto y grueso, y hueco al principio, está abierto en ambas extremidades; de los dos huesos del antebrazo, el cúbito es un poco mas largo y ancho que el radio, y los dos presentan la mas sencilla forma primitiva. El espacio que hay entre el antebrazo y el metacarpo indica claramente la masa cartilaginosa que representa el segmento carpal en el Archegosauro. No hay mas que cuatro dedos; el segundo es el mayor y comprende al menos cuatro falanges, que así como las del metacarpo, son largas y delgadas.

El ileon se ensancha, lo mismo que la escápula, en su extremidad articular; los huesos mas cortos de cada lado completan la pélvis; el mas ancho es el pubis; el fémur es truncado en ambas extremidades; la tibia y el peroné son huesos separados, una mitad mas largos que el fémur; los huesos de los piés están separados de los de la pierna por una masa fibro-cartilaginosa.

El argumento que aduce Mr. Von-Meyer para demostrar las afinidades del Archegosauro con los saurios, fundán-

dose en la brevedad de los miembros anteriores del Mistriosauro, rebatido ya por la diferencia de estructura, pierde además su valor por el hecho de que las extremidades posteriores, así como las de los perenibranquios, no son igualmente sencillas en su estructura, sino tambien tan cortas como las anteriores. El concienzudo observador y acreditado artista ha contribuido en mucho para darnos á conocer las partes fosilizables del Archegosauro; mas no parece haber profundizado la cuestion bajo su verdadero punto de vista. El animal no ofrece la conformidad de estructura que supone el autor con ningun reptil conocido, y menos con un crocodilo; mas analogía se encuentra comparando el Archegosauro con los vertebrados de los períodos devónico y carbonífero, segun acaba de demostrar Gaudry en la Memoria sobre el Protriton petrolei y el Actinodon Frossardi. El estado de osificacion imperfecta de la columna vertebral es el mismo de todos los peces de la época de aquel sér y de las anteriores; el exo-esqueleto, las escamas ganoideas del tronco, y las placas lisas de la cabeza, anchas y unidas por suturas, ofrecen caractéres que no se observan en ningun animal de respiracion aérea de nuestros dias. Por otra parte, los dientes labirínticos, y los miembros, que aparecen en el estado embrionario de los de un proteo, indican, para todo aquel que se atenga á los hechos en que deba basarse la ciencia del orígen de las especies, el ejemplo mas evidente de una forma transitoria, en la hipótesis derivativa, de un sér de respiracion aérea á otro que la tiene acuática. De todos modos, cualquiera que sea el grado en que se combinen las condiciones, este punto encierra un problema para cuya resolucion es indispensable un estudio mas profundo y el conocimiento de muchos hechos ignorados aun. Los que se estudiaron desde que Lamarck trató de explicar los cambios que pueden producir en la estructura animal las influencias exteriores, y la manera en que una forma es susceptible de cambiarse en otra, abren sin duda ancho campo al explorador de las leyes de la naturaleza animada; y ha de procurarse que no pase desapercibido ningun hecho sin considerar detenidamente sus relaciones con el importante punto que nos ocupa, para lo cual deberá el naturalista concentrar toda su fuerza de atencion.

GÉNERO RANICEPS

Hácia el centro de la gran cuenca carbonífera del Ohio, en los Estados-Unidos, existe una masa de esta formacion, de ocho piés de espesor, en la que se ha encontrado el cráneo, parte de la columna vertebral, el arco escapular, y los miembros anteriores de un reptil, considerado por el doctor Wyman como perteneciente á la sub-clase de los batracios, y al que dió el nombre de Raniceps. Otros dos fósiles afines, que se suponen ser tambien de los batracios, se descubrieron despues en la misma formacion y localidad.

GÉNERO DENDRERPETON

Se ha fundado este género en algunos pequeños huesos hallados en el tronco hueco de una sigilaria de dos piés de diámetro, completamente convertida en carbon en un campo de Nueva Escocia. Este género tambien de los batracios, ofrece íntimas afinidades por la estructura de los dientes, las placas craneanas, y la proporcion de ciertos huesos, con el género Archegosauro. El descubrimiento de varias escamas carenadas con huesos del Dendrerpenton es otro dato en apoyo de la probabilidad de que pertenezca al órden de los ganocéfalos. Una segunda especie de reptil (Hylonomus), un centípedo, y varias conchas de los Dendropupa, recompensaron al Dr. Dauson de sus últimas exploraciones en los antiguos árboles de los depósitos carboníferos de Nueva Escocia. Así pues, vemos que los moluscos, los articulados y vertebrados, concurren con la rica vegetacion terrestre á demostrar la influencia favorable de la atmósfera para la conservacion de las pruebas de la vida pasada en la division mas antigua de los períodos geológicos de la historia terrestre.

ÓRDEN II—LABIRINTODONTIDOS

Cabeza protegida, como en los ganocéfalos, por una especie de casco compuesto de placas óseas, lisas y sumamente duras, inclusos los huesos suplementarios post-orbital y supra-temporal; existen dos cóndilos occipitales; el vómer está dividido; los cuerpos vertebrales, así como los arcos, están osificados y son bicóncavos; las pleurapófisis del tronco son largas y se arquean; los dientes son complejos por ondulacion.

Los reptiles que ofrecen los citados caractéres fueron divididos en varios géneros, segun las modificaciones de la forma y proporcion del cráneo, y la disposion relativa y el tamaño de las cavidades orbital, nasal y temporal.

GÉNERO BAFETES

Baphetes planiceps.—Esta especie está fundada sobre parte de un cráneo fósil procedente del terreno carbonífero de Nueva Escocia, que mide siete pulgadas al traves de las órbitas. Pertenece al presente órden por el número, tamaño y disposicion de los dientes; por las proporciones y manera de unirse los premaxilares, maxilares, nasales, pre-frontales y frontales; y por el carácter que resulta del cráneo, notablemente ancho y deprimido, presentando sus huesos una superficie análoga á la de los labirintodóntidos. La forma de la extremidad del hocico ó de la mandíbula superior, en el ejemplar de Nueva Escocia, conviene mas bien con la que presenta el Capitosauro y Metopias de von Meyer y Burmeister; pues las órbitas habian sido evidentemente mayores y de distinta forma que en los reptiles así llamados.

Conducidos al período carbonífero por el órden de los labirintodontes, que alcanzaron un completo desarrollo en el triásico, daremos á conocer seguidamente los mas notables restos y caractéres típicos de este extinguido grupo de reptiles.

En el período triásico de los condados de Warwick y Cheshire, las playas ó riberas del antiguo mar, formadas entonces por un depósito arenoso, fueron recorridas por reptiles que tenian los caractéres huesosos esenciales de los modernos batracios; pero combinados con otros de los crocodilos, lagartos y peces ganoideos, formando el total de ellos un conjunto que podia rivalizar por el tamaño, segun lo indican los fósiles y las huellas, con el de los mayores crocodilos de la actualidad. La forma del Labirintodon, á juzgar por la gran anchura y aplanamiento del cráneo, y las proporciones de ciertos huesos, debió guardar un término medio entre la de la rana y la de la salamandra terrestre.

Los batracios de piel lisa no tienen tipo fijo en la forma externa, como los órdenes mas superiores de reptiles hoy existentes; pero algunos, como las anchas y aplanadas ranas y sapos, se asemejan en cierto modo á los quelonios, particularmente á las tortugas llamadas Trionyx; otros batracios, las Cecilias, se parecen á los ofidios; un tercer grupo, como el de las Salamandras, representa á los lacertidos; y entre los reptiles perenibranquios hay especies (Sirena) que combinan

con branquias externas la mutilada condicion de los peces apodos.

Asi, pues, se notará que, aun en el caso de haberse obtenido un esqueleto entero del Labirintodon, no hay ninguna forma característica general exterior en el órden existente de batracios, por la que hubiera podido determinarse su afinidad con este grupo. Los caractéres comunes en virtud de los cuales se asocian naturalmente en un solo grupo los batra,

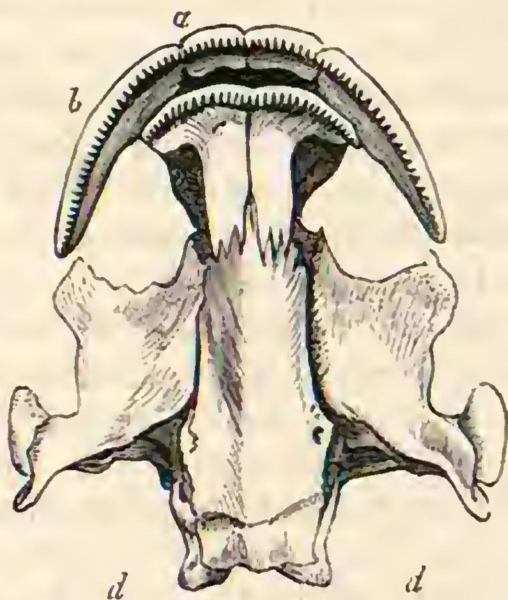


Fig. 80.—CRÁNEO CON LA MANDÍBULA SUPERIOR Y LOS DIENTES DEL MENOPOME

cios, tan diversificados entre sí por los demás, no son tan solo los que resultan de los fenómenos del desarrollo y de los órganos que pueden destruirse fácilmente, sino tambien los que presentan las modificaciones del esqueleto, y en particular del cráneo. Este último está unido al atlas por medio de dos tubérculos (fig. 80, *d*, *d)* desarrollados exclusivamente desde los ex-occipitales; el paladar huesoso se compone de dos huesos anchos y planos *(c)* llamados vomerianos, que de ordinario sostienen los dientes. Solo en los batracios de la actualidad se ven ejemplos de dos ó mas series de dichos órganos en el mismo hueso, como se observa especialmente en la mandíbula inferior de las especies de Cecilia y Sirena.

Los notables fósiles que aquí representamos fueron examinados en 1840, comenzándose su estudio por varias porciones de un diente hallado en la nueva arenisca roja de Warwickshire. Los caractéres exteriores de este diente corresponden con los que representa la figura 81, cuyo modelo fué descubierto anteriormente por el profesor Jaeger en la formacion alemana del keuper, en Wurtemberg, habiendo servido de base para fundar el género Mastodonsaurus.

El exámen microscópico del diente del Mastodonsauro, y de aquellos procedentes de la nueva arenisca roja de Warwickshire, demostró que los de ambas localidades tenian una estructura muy complicada y notable (fig. 82), cuyo carácter principal, ó sea la convergencia de los numerosos repliegues de la capa externa de cemento hácia la cavidad central, indicaba una ligera semejanza con el diente del Ictiosauro; mientras que los de varias especies de ganoideos y los del Archegosauro, presentaban mas analogía con la estructura labiríntica.

Dedúcese, pues, que así como los extinguidos animales de que se trata manifestaron en la íntima estructura de sus dientes una afinidad con los peces, podria esperarse que si pertenecieran á la clase de los reptiles, el resto de su estructura indicaria los caractéres del órden mas inferior, cual es el de los batracios, cuyos representantes pasan, aunque no en cuanto al carácter dentario, por tantas otras notables degradaciones de estructura, constituyendo el tránsito á los peces.

En la misma formacion de Wurtemberg, de donde procedian los dientes laberínticos del llamado Mastodonsauro, encontráronse despues cráneos mas ó menos completos del mismo animal, en los que se reconocia el desarrollo de un cóndilo separado en cada hueso ex-occipital, y un vómer dividido, con una línea de dientes en cada mitad. Los otros fósiles procedentes de la nueva arenisca roja de Warwickshire confirmaron mas aun la naturaleza batracoidea del género con la evidencia de las cinco especies siguientes: Labyrinthodon de Jaeger, L. leptognathus, L. pachygnathus, L. ventricosus y L. scutulatus. Las agregaciones de estas especies al grupo de reptiles han sido desde entonces tan numerosas, que el nombre de género se elevó sucesivamente al de familia y al de órden.

El Labirintodon (Mastodonsaurus) de Jaeger es la mayor especie conocida, pues mide el cráneo mas de tres piés de largo y cerca de dos de ancho. Sus extremidades pudieron muy bien dejar huellas del tamaño de las que se ven en las areniscas de Cheshire, descritas y figuradas por Egerton, como las del Cheiroterio Hércules. En el terreno devónico de Warwickshire se encontró una mandíbula inferior, uno de cuyos dientes se representa de tamaño natural en la figura 81.

El Labirintodon leptognathus es conocido por varios fragmentos de las mandíbulas superior é inferior, dos vértebras y un esternon, restos que se hallaron en la nueva arenisca roja de Coton End, cerca de Warwick. Las vértebras tienen profundas cavidades articulares en ambas caras del cuerpo; el arco neural está anquilosado con el centro, y de cada lado de su base parte un apéndice trasversal y grueso que se extiende oblicuamente hácia arriba.

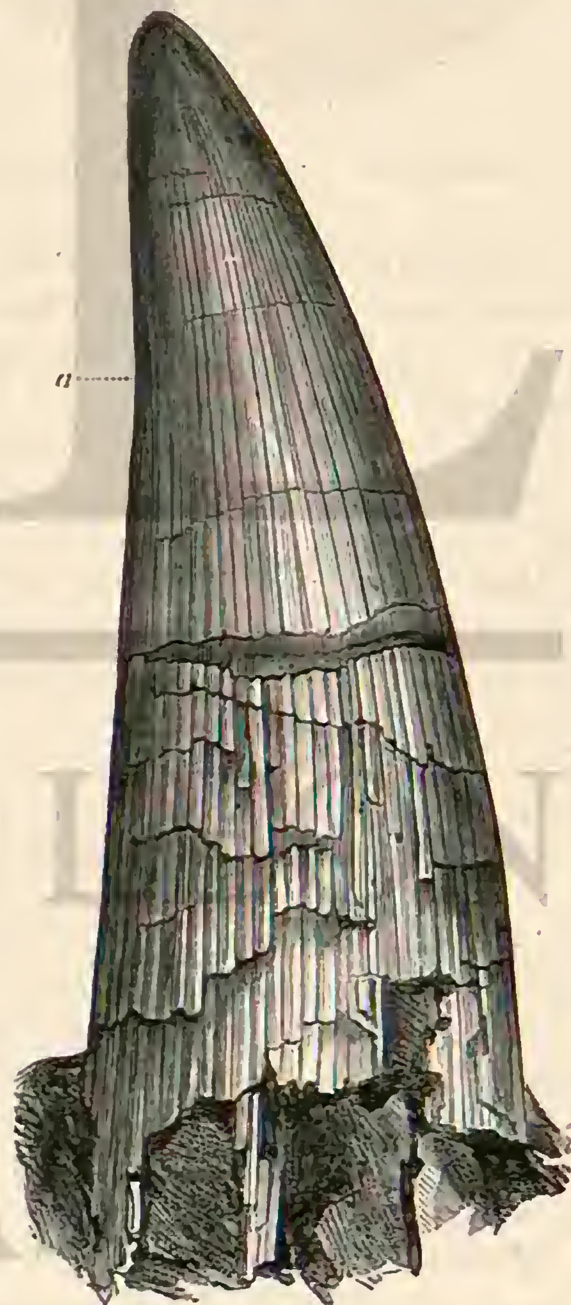


Fig. 81.—DIENTE CANINO DEL LABIRINTODON JACAERI

El hueso esternal consiste en un cuerpo que gradualmente se hace mas grueso hácia la parte anterior, donde se cruzan varias piezas en ángulo recto con el esternon, presentando cada cual una cavidad para la articulacion de las clavículas.

Las modificaciones de las mandíbulas, y mas particularmente las del paladar huesoso, son de carácter batracoideo: por la disposicion de los mayores dientes en las extremidades anteriores de las mandibulas, se nota semejanza con el Plesiosauro; y por una parte de la estructura dentaria, la forma del episterno, y las vértebras bicóncavas, con el Ictiosauro. Por la anquilosis de la base de los dientes con profundos alvéolos, el Labirintodon se parece á la esfirena, y á otros varios peces; y de la ausencia de un vestigio de excavacion en el lado mas interior de la base de los dientes que funcionan, ó en otros términos de los alvéolos de reserva para los dientes que deben sucederse, podemos deducir que dichos órganos se reproducian, como en los batracios

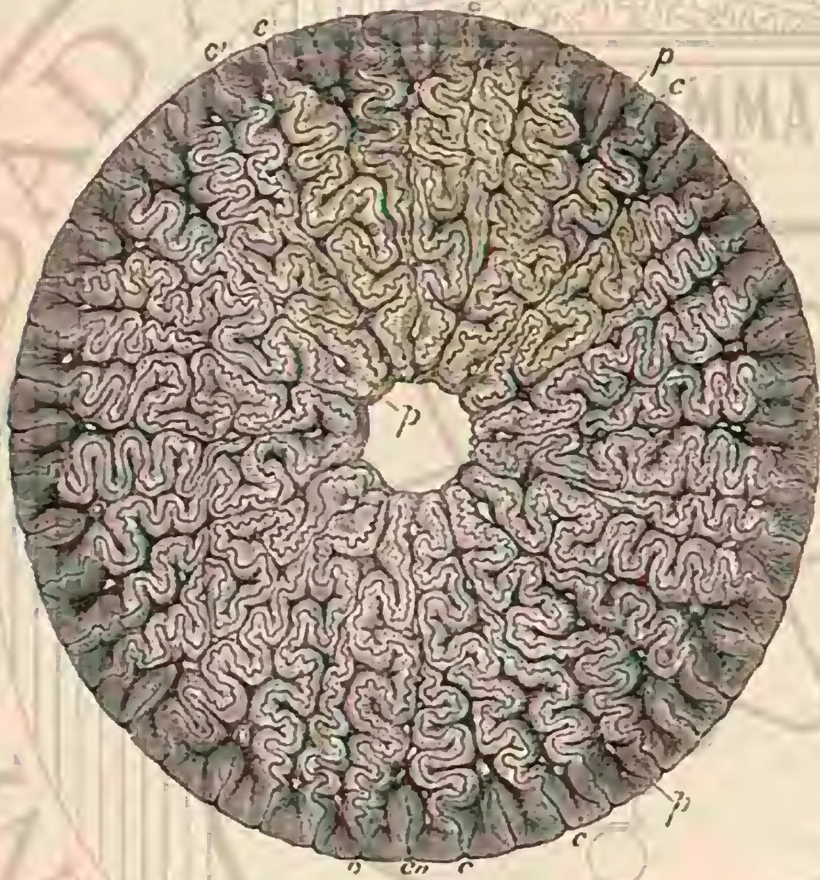


Fig. 82.—CORTE TRASVERSAL DE UN DIENTE DEL LABIRINTODON

inferiores y muchos peces, en la blanda membrana mucosa que cubria el borde alveolar; y que despues llegaron á fijarse en el hueso por anquilosis, segun se observa en los lófios.

Labyrinthodon pachygnathus.—Los restos de esta especie, hallados hasta aquí, consisten en porciones de las dos mandíbulas, un hueso anterior frontal, un húmero fracturado, un ileon, la cabeza del fémur y dos falanges ungueales. Una porcion de la rama de la mandíbula inferior, de unas nueve y media pulgadas de largo, que presenta los caractéres comunes de la del L. leptognathus, demuestra tambien que el tabique exterior del aparato alveolar no es mas alto que el interior. Los pequeños dientes seriales, en número de unos cuarenta, disminuyen gradualmente de tamaño á medida que se acercan á las dos extremidades de la serie; los alvéolos estan bastante próximos, y algunos vacíos; aparentemente habia en cada sínfisis tres grandes caninos, siendo de pulgada y media la longitud del mayor. La base de los dientes está anquilosada en el fondo del alvéolo, como en los peces escomberoideos y sauroideos; pero el Labirintodon presenta además otro carácter mas íctico, que consiste en la continuacion de una línea de pequeños dientes, anterior á los dos ó tres mayores.

Los restos del cráneo del L. pachygnathus demuestran que el animal tenia fosas nasales sub-terminales que iban á terminar en una cavidad profunda, separada de la boca por un ancho paladar, hallándose los orificios internos situados detrás de las fosas exteriores. En los batracios de respiracion aérea se observa que el conducto nasal es corto y vertical, y que los orificios internos atraviesan la parte anterior del paladar, lo cual conviene para la respiracion y deglucion, pudiendo inferirse, por lo tanto, que en el Labirintodon debió existir el aparato para respirar por inspiracion, y que en el esqueleto se hallaron ligamentos costales bien desarrollados.

De los pocos huesos de las extremidades que se han examinado, uno de ellos presenta todos los caractéres de la parte correspondiente del húmero de un sapo ó de una rana, ó sea la extremidad articular convexa, algun tanto extendida trasversalmente, la depresion longitudinal exterior, y la bien desarrollada línea dorsal. Por su estructura, así como por su forma general, este hueso conviene con el tipo batracio, difiriendo del que ofrece el crocodilo: los dos dedos de los piés, ó las falanges terminales, se asemejan á los de aquellos reptiles por no presentar vestigios de uña, y en vista de su tamaño se puede inferir que corresponden á las extremidades posteriores del L. pachygnatus.

En el ileon derecho, de unas seis pulgadas de largo, nótase una cierta combinacion de los caractéres del crocodilo y del batracio; la cavidad acetabular está limitada en su parte superior por una prominencia aguda, como en la rana, y no es marginada en su interior, segun se observa en el crocodilo.

Como el fragmento del ileon se descubrió en la misma masa en que se hallaron los dos pedazos del cráneo y la parte de las mandíbulas inferiores, es probable que todos los restos hayan pertenecido al mismo animal; y en tal caso, como las porciones de la cabeza corresponden por su tamaño á un crocodilo de seis ó siete piés de largo, y la cavidad acetabular con las de un individuo de esta misma especie de veinticinco piés de longitud, resulta que las extremidades posteriores del labirintodon debieron ser de un tamaño desproporcionado si se compara con el de los saurios existentes, pero de una magnitud aproximada á la de algunos de los actuales batracios anuros. Que existió un reptil de tamaño idéntico al de las especies cuyos restos acabamos de descubrir, es cosa que no admite duda en vista de las singulares impresiones designadas con el nombre de Cheirotherium.

Labyrinthodon (rhombopholis) scutulatus. — Los restos á que se aplicó esta denominacion forman un grupo irregularmente dispuesto de huesos envueltos en arenisca, que pertenecen evidentemente al mismo esqueleto; redúcense á cuatro vértebras, porciones de ligamentos, un húmero, un fémur, dos tibias, la extremidad de un hueso plano y varias escamas óseas pequeñas, de forma romboidal (fig. 83, 3). Descubriéronse en 1840 en la nueva arenisca roja de Leamington



Fig. 83.—ROMBOPHOLIS SCUTULATUS (*Triásico*)

Las vértebras (fig. 83, 1, 2) presentan superficies bicóncavo-articulares, como en otros Labirintodon, observándose en dos de ellas superficies que se inclinan en sentido paralelo, como las vértebras dorsales de la rana; las neurapófisis están anquilosadas en el cuerpo vertebral, y el húmero es regularmente convexo. Una parte de un hueso mas corto y plano, se arquea formando ángulo sub agudo con la extremidad inferior, asemejándose al radio anquilosado de los batracios.

Las paredes del fémur son delgadas y compactas, y contienen una ancha cavidad medular; las tibias presentan la notable depresion que caracteriza á los huesos correspon-

dientes de los batracios, así como tambien la impresion longitudinal que se extiende por el centro de la superficie plana. Los atributos del Labirintodon descrito parecen tener solo un valor sub-genérico, que se indica por la denominacion de rombofolis. Otras diferencias correspondientes en las formas y proporciones del cráneo, y en la posicion relativa de las órbitas, en los ejemplares descubiertos despues en las areniscas triásicas de Alemania, fueron interpretadas de un modo análogo.

El Labirintodon (Mastodonsaurus) de Jaeger es la mayor de las especies: el cráneo descubierto en el Keuper inferior de Wurtemberg es triangular; los dos cóndilos se proyectan desde el centro de la base; los lados son rectos y convergen hácia el vértice obtuso; las órbitas, ovales y mas estrechas anteriormente, están situadas casi en la mitad de la línea entre la parte anterior y la posterior del cráneo; las fosas nasales son muy pequeñas, y se hallan tan separadas entre sí como las órbitas.

Labyrinthodon (Trematosaurus) Braunii, Von Meyer.—Este género se fundó sobre un cráneo descubierto en el sandstein de Bernburgo. Mide un pié de largo, y relativamente á la anchura de la base, es mas prolongado y estrecho que el del labirintodon de Jaeger, formando los lados un ángulo mas agudo; las órbitas, de forma elíptica, están situadas en el centro del cráneo, y mas separadas que en la especie anterior; las fosas nasales se hallan relativamente mas próximas. Hay un par de orificios premaxilo-palatinos, como en la rana, y detrás se ven las aberturas internas de las fosas nasales.

Labyrinthodon (Metopias) diagnosticus, H. von M.—En esta especie es mas ancho el cráneo en proporcion á su largo, y los lados convexos, convergentes hácia el hocico. Las órbitas, bastante pequeñas, presentan una forma elíptica, situadas en el tercio anterior del cráneo, hallándose dos veces tan separadas como las fosas nasales. Los restos de esta especie proceden de los bancos superiores de la arenisca de Wurtemberg.

El Labirintodon (Capitosaurus) arenaceus de Munster, se distingue por tener el hocico mas ancho y casi truncado; las órbitas, de forma elíptica, están situadas casi enteramente en el tercio posterior del cráneo.

Eichwald aplicó el nombre de Zygosaurus á un reptil labirintodóntido de las pizarras cobrizas pérmicas de Oremburgo que ofrece el cráneo parabólico de las especies de L. de Jaeger y L. diagnóstico; las órbitas son anchas y están divididas por un intervalo menor que su propio diámetro; las fosas temporales, relativamente anchas, se limitan por fuertes arcos cigomáticos: la denticion es de labirintodon.

El labirintodon de Buckland procede de una arenisca que hay cerca de Kenilworth, que el profesor Ramsay le considera como pérmico.

Odontosaurus Voltzii.—El género y la especie de este nombre fueron establecidos por Von Meyer en vista de una porcion de mandíbula inferior que contenia cincuenta dientes, fijos en profundos alvéolos; pero la estructura era aparentemente labirintoidea. La especie procede de la arenisca de Soultz-les-Bains.

Jestorritias de Perrin. — Con este nombre indicó Von Meyer ciertos huesos craneados aplanados, en cierto modo semejantes á los del labirintodon, pero con una superficie muy lisa como la de los ganoideos: estos restos proceden del muschelkalk de Luneville.

En todas las formas sucesivas de Labirintodon, representadas por cráneos completos, exceptuando quizás el Zygosaurus, se ven las placas óseas suplementarias que cubren las fosas temporales como en el Archegosauro; los cóndilos occipitales, bien marcados, forman un par; y el vómer, que está dividido, tiene de ordinario dientes. La superficie del cráneo presenta asimismo canales (¿mucosos?) ó surcos dispuestos simétricamente.

Se ha dicho que la relacion de estos notables reptiles con el órden de los saurios ofrecia la mayor y mas verdadera afinidad, sobre todo por el carácter de la extension y osificacion del cráneo, así como de los huesos que le componen; mas parece que no se ha examinado bien la verdadera naturaleza de algunos de ellos. Se han querido buscar analogías de estructura en grupos superiores, siendo así que debió hacerse lo contrario; y si pasamos de los labirintodon á los archegosauros, deduciremos otras conclusiones.

En primer lugar observaremos la conformidad del tipo de las placas dérmicas, semi-dermales ó neuro-dérmicas, en el bien osificado cráneo de los polípteros, lepidosteos, esturiones y otros peces ganoideos, al hacer la comparacion con los huesos correspondientes de los archegosauros y labirintodon. La persistencia del notocorda en el archegosauro conviene con la que se observa en el esturion; la ausencia del cóndilo occipital, ó de los cóndilos, constituye un carácter análogo en el archegosauro y el lepidosirena; la presencia de los dientes laberínticos en aquel y en el lepidosteo, establece cierta afinidad; todos cuyos caractéres, con algun otro que pudiéramos citar, indican un gran grupo natural que demuestra los grados de desarrollo que aunan y relacionan entre sí á los peces y los reptiles dentro de los límites de la misma division. Los salamandroideos, ganoideos, lepidosteus y polipterus, son los mas ictioideos del grupo; los verdaderos labirintodon, los mas sauroideos. El lepidosirena y el archegosauro son gradaciones intermedias, una de las cuales ofrece mas bien los caractéres de pez y la otra los de reptil. El archegosauro indica la marcha del desarrollo desde los peces ganoideos al tipo labirintodóntido y el lepidosirena al de los peranibranquios, demostrando ambos lo artificiales que son las supuestas distinciones de clase entre los peces y los reptiles. No hay nada en la conocida estructura del llamado archegosauro ó mastodonsauro que indique verdaderamente que pertenecen á los saurios ó crocodilos en la clase de los reptiles: las osificaciones exteriores del cráneo, y la estructura laberíntica de los dientes, son ejemplos de la modificacion salamandroidea del tipo de los peces ganoideos. Los ganocéfalos y labirintodon caracterizan el período de tránsito entre las épocas paleozóica y mesozóica.

ÓRDEN III—ICTIOPTERIGIOS

Los huesos de la cabeza comprenden todavía los post-orbitales y supra-temporales suplementarios; hay un orificio parietal; pero entre los huesos craneanos y otros inmediatos se ven pequeños temporales; solo existe un cóndilo occipital convexo, y el vómer no tiene dientes; el centro vertebral está osificado y bicóncavo, hallándose unido por sindesmosis, y no por sutura, á su arco neural. Las pleurapófisis del tronco son largas y se arquean, presentando las anteriores extremidades bifurcadas. Los dientes tienen en su base repliegues de cemento que convergen entre sí, y encajan en una cavidad alveolar comun. Los pre maxilares son mucho mayores que los maxilares; la órbita muy ancha; hay un círculo de placas escleróticas; las fosas nasales se hallan cerca de las órbitas; los miembros son natatorios, con mas de cinco dedos multi-articulados; existe un episterno y clavículas, pero falta el sacro.

Con los caractéres que indican, como los precedentes órdenes, una afinidad con los ganoideos superiores, los

reptiles de que vamos á tratar, exclusivamente marinos, representan mas bien el tipo íctico por las proporciones de los huesos pre-maxilar y maxilar; por la brevedad y gran número de las vértebras bicóncavas; la longitud de las pleurapófisis de las vértebras cerca de la cabeza; el gran tamaño proporcional del ojo con su cubierta esclerótica; y últimamente por la estructura de las aletas pectorales y ventrales.

En otro tiempo se creyó poder reunir las especies de este órden con las del siguiente, formando un grupo al que se dió el nombre de enaliosauria, ó lagartos de mar: todos ellos estaban conformados para vivir en el líquido elemento, pero respiraban el aire como los cetáceos; eran no obstante animales de sangre fria, ó de muy baja temperatura, como los crocodilos y otros reptiles. La prueba de que los enaliosaurios respiraban aire atmosférico inmediatamente, y no agua por medio de branquias, como los peces, la tenemos en el hecho de no existir el arco huesoso del aparato branquial, en el mecanismo del espacioso pecho ó cavidad torácico-abdominal, y en la estructura de los conductos aéreos situados entre las fosas nasales y la boca, caractéres todos que se han reconocido en los esqueletos fósiles. Con estos atributos, los lagartos de mar presentaban dos pares de miembros en forma de aletas, propios para nadar. Distinguianse estos animales de los batracios y quelonios por tener la cavidad torácico-abdominal rodeada de ligamentos movibles.

Los enaliosaurios, reunidos principalmente por sus órganos locomotores, pueden subdividirse en dos órdenes segun las modificaciones de aquellos: el uno se caracteriza por tener cinco dedos en la aleta, y el otro por presentar mas del número típico. La division pentadáctila podria representar dos grupos, distinguiéndose el primero por estar el arco ileopúbico fijo al sacro, y el segundo por hallarse libremente suspendido, ó fijo de otro modo. Los polidáctilos presentan un tipo general de estructura mas conforme con la que manifiestan dos fases del desarrollo, los archegosauros y labirintodon.

GÉNERO ICHTHYOSAURUS

Este nombre, derivado de las palabras griegas *ichthys*, pez, y *sauros*, lagarto, se aplicó para indicar la íntima afinidad del ictiosauro con la clase de los peces. Es notable sobre todo por la brevedad del cuello y la igual anchura de la parte superior de la cabeza con la de la frente y del pecho, carácter que induce al observador del esqueleto fósil á creer que el antiguo animal debió tener semejanza con las ballenas y los peces.

A la semejanza que ofrece la forma del Ictiosauro con la de los vertebrados mas acuáticos de la creacion existente, se agrega el carácter especial que consiste en tener aquella especie un número inusitado de vértebras muy cortas, observándose una modificacion análoga en las superficies que forman las articulaciones vertebrales que son huecas, lo cual induce á creer que estuvieron primitivamente unidas por un anillo elástico ó cápsula llena de flúido. Esta estructura, que predomina en la clase de los peces, en los labirintodon y en los actuales batracios perenibranquios, no existe en ningun individuo del grupo de las ballenas entre los mamíferos.

Con las anteriores modificaciones de la cabeza, del tronco y de los miembros, corresponde la estructura de la cola. Los huesos de esta parte son mas numerosos que en el Plesiosauro, y de consiguiente es mas larga; pero no presenta ninguna de esas modificaciones que caracterizan el sustentáculo huesoso de la aleta de la cola en los peces. Las vértebras caudales del Ictiosauro disminuyen gradualmente de tamaño hácia la extremidad de la cola, donde ofrecen una forma comprimida, ó son aplanadas lateralmente, de modo que, en vez de ser corta y ancha como en los peces, se prolonga del mismo modo que en los crocodilos.

La mucha frecuencia con que se observa una fractura en la cola, hácia la cuarta parte de su longitud desde la extremidad aun en los esqueletos fósiles mas enteros y bien conservados, es debida á esa proporcion de la punta de dicha parte, que tuvo una aleta caudal cutánea y perecedera. La única evidencia que presentaria el esqueleto fósil de una ballena de la poderosa aleta horizontal de la cola, característica del animal viviente, seria la forma comprimida ú horizontalmente aplanada de los huesos que la sostenian; deduciéndose del hecho de estar aplanados los huesos correspondientes del Ictiosauro en la direccion vertical, que poseia una aleta tegumentaria de la cola, extendida en dicho sentido. En la estructura del principal órgano natatorio del Ictiosauro reconocemos pues, como en la de otras partes, una combinacion del carácter de los mamíferos con el de los saurios y el de los peces. En la gran longitud y gradual disminucion de la cola vemos un atributo de los saurios; en la naturaleza tegumentaria de la aleta, no sostenida por radios huesosos, se observa la afinidad con la parte correspondiente de las ballenas; y por la posicion vertical se asemeja mucho á la aleta de la cola de los peces.

La horizontalidad de esta parte en los individuos del grupo de las ballenas se relaciona sobre todo con su condicion de animales de sangre caliente, que necesitan ponerse pronto en contacto con el aire atmosférico; sin los medios de desalojar una masa de agua en direccion vertical, la cabeza de la ballena no podria alcanzar con suficiente rapidez la superficie líquida; pero como el Ictiosauro no era animal de sangre caliente, ni necesitaba por lo tanto sacar la cabeza tan á menudo ó con tanta rapidez, quedó en él compensada la falta de horizontalidad de la aleta de la cola, por la adicion de dos extremidades posteriores que no existen en la ballena. La aleta vertical era un órgano poderoso para la rápida elevacion del cuerpo en el agua, cuando el animal perseguia una presa ó trataba de escapar de un enemigo.

La forma del cráneo del Ictiosauro se asemeja á la del cetáceo comun llamado Delphinus tursio: la diferencia esencial en el reptil marino consiste en el reducido tamaño de la cavidad craniana, y en la gran profundidad y anchura de los arcos cigomáticos, á los cuales se debe la aparente expansion del cráneo. El Ictiosauro difiere además por el grandor de los premaxilares y la pequeñez de los maxilares, así como por el enorme tamaño de las órbitas y las grandes y numerosas placas escleróticas, estructura que comunica á su cabeza el mas extraño aspecto.

Las verdaderas afinidades del Ictiosauro deben sin embargo dilucidarse por medio de una mas detenida comparacion de la estructura del cráneo; y pocas colecciones ofrecen ahora tan ricos materiales para proseguir este estudio como la seccion paleontológica del Museo Británico.

Las principales aberturas que presentan las paredes huesosas del cráneo en el Ictiosauro son las siguientes: en la region posterior el grande agujero, los orificios occipito-parietales y los conductos auditivos; en la superficie superior, los agujeros parietales y las fosas temporales; en las caras laterales las órbitas y ventanas de la nariz; y en la superficie inferior los orificios palato-nasal, terigo-esfenoideo y terigo-malar. Los conductos auditivos están limitados por el timpánico, que entra por mucho en la formacion del meato auditivo en gran número de lagartos, siendo semejante el de los crocodilos y el del Ictiosauro.

La órbita es notable por su gran dimension y por estar situada muy posteriormente; el primer carácter ofrece analogía con el correspondiente de los lagartos, y el segundo tiene su semejanza con los crocodilos; está formada por los pre y post-frontales encima, por el lagrimal en frente, por el post-orbital detrás, y por el largo y delgado malar debajo. La abertura de la nariz es prolongada y triangular, y está limitada por los huesos lagrimal, nasal, maxilar y pre-maxilar, siendo proporcionalmente mas grande que en el Plesiosauro.

Las aberturas terigo-palatinas son muy largas y estrechas, mas anchas posteriormente, donde están limitadas, como en los lagartos, por las concavidades anteriores del base-esfenoideo, estrechándose gradualmente hasta un punto próximo á las fosas nasales palatinas, mas pequeñas que en la mayor parte de los lagartos. Las fosas temporales están limitadas en la parte superior por el parietal interiormente, y por el mastoideo y post-frontal exteriormente; son de forma oval, y por su tamaño relativo se asemejan mas bien á las de los crocodilos que á las del tipo lacertido.

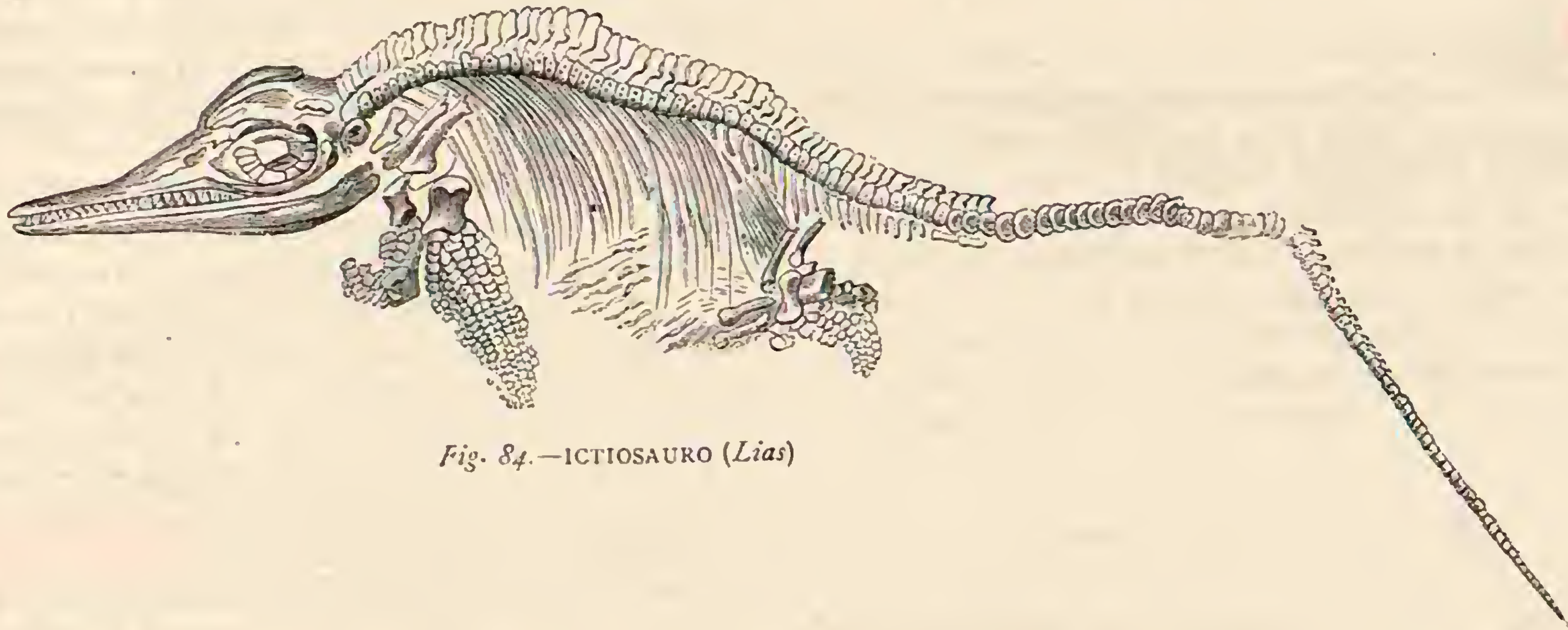


Fig. 84.—ICTIOSAURO (*Lias*)

Por la estructura huesosa que en el Ictiosauro está en relacion con las aletas anteriores se infiere que el animal tenia la costumbre de salir á la playa y arrastrarse sobre la arena, pues no se reconoce tal carácter en ningun delfin ó ballena ú otro animal semejante, carácter cuya ausencia es principalmente la causa de que dichos séres marinos de respiracion aérea se muevan con tanta dificultad cuando quedan en seco. En el Ictiosauro consiste dicha estructura en un fuerte arco huesoso, invertido, que se cruza por debajo del pecho desde la articulacion de una espaldilla á la otra; siendo lo mas notable en la conformacion de este arco escapular su gran semejanza por el número, forma y disposicion de los huesos con la misma parte del singular mamífero acuático de Australia llamado Ornitorinco. Cuando el Ictiosauro salia á la playa, fuese para dormir ó bien para solazarse, permaneceria echado ó se arrastraria, tocando con el vientre la tierra.

El carácter mas exrraordinario de la cabeza consiste en la enorme magnitud del ojo; deduciéndose de la cantidad de luz que atravesaba la pupila, que el animal tenia sumamente desarrollado el sentido de la vista, hasta en la oscuridad. En los cráneos fósiles no es raro ver frente á la órbita misma una serie circular de placas huesosas muy ténues y petrificadas, dispuestas al rededor de una abertura central, donde estaba situada la pupila. Este curioso aparato serviria para proteger el órgano de la vision cuando el Ictiosauro salia á la superficie del mar, ó bien al sumergirse á grandes profundidades, donde podria lastimarle de otro modo la presion del denso elemento. «El enorme ojo del Ictiosauro, escribió Buckland, es un instrumento óptico de prodigiosa fuerza, que permitia á este animal divisar su presa á gran distancia en medio de la oscuridad de la noche y de las profundidades del mar.»

En el Ictiosauro comun se cuentan diez y siete placas escleróticas, qae forman la parte anterior de la pupila: en un ejemplar bien conservado, existente en el Museo Británico, la abertura de aquella, tal como está limitada por dichas láminas, forma un óvalo completo, de pulgada y media de diámetro, siendo el largo de las placas de ocho á diez líneas, y de cuatro pulgadas el diámetro de la órbita. La posicion del círculo esclerótico en aquella cavidad demostraba cómo se habian hundido por la presion del cieno.

Tratándose de la restauracion de especies extinguidas, para ninguna se encuentran tan abundantes y completos materiales como para el Ictiosauro; ellos demuestran que su aspecto externo era el de un enorme pez abdominal, con una larga cola provista de una aleta, pero sin escamas, cubierto solo por una piel suave, análoga á la de las ballenas.

La boca era ancha; las mandíbulas largas, provistas de numerosos dientes agudos, indicio de un animal carnívoro y voraz; pero las especies diferian entre sí por la modificacion de dichos caractéres.

Se han descubierto masas de huesos triturados y de escamas de peces extinguidos que vivieron en los mismos mares y en la propia época que el Ictiosauro, restos que se hallaban debajo de los ejemplares fósiles; tambien se han encontrado otras mas pequeñas y duras, que contenian huesos de peces con la impresion de la estructura de la superficie interna del intestinto dè aquel voraz lagarto de mar.

Al buscar la evidencia de la fuerza creadora desde las mas primitivas formaciones de la costra terrestre hasta las mas modernas, hállanse primeramente restos del Ictiosauro en el lias inferior, y mas ó menos abundantemente en todos los estratos marinos, incluso las formaciones de la creta. Aparecen sobre todo numerosos en el lias y en las oolitas, habiéndose descubierto las mayores y mas características especies en dichas formaciones. Conócense hoy dia mas de treinta especies, muchas de las cuales han sido ya descritas.

Cuando son conocidas las formas anteriores de un género extinguido de cualquiera clase, se deben comparar los caractéres de aquel con los de sus predecesores en la misma mas bien que con los de sus sucesores, á fin de estudiar mejor las verdaderas afinidades.

Así, por ejemplo, obtiénese mas exacta idea del Ictiosauro

comparándole con los labirintodontes triásicos, y del Plesiosauro poniéndole en parangon con los sauropterigios pasados. Acostúmbrase á decir que estos dos tipos se asemejan mas ó menos á los lagartos ó á los crocodilos en tales ó cuales caractéres: mas exacto seria demostrar que los lagartos, que representan la forma predominante de los saurios en la actualidad, han retenido mas del tipo osteológico de los reptiles triásicos y oolíticos; y que los crocodilos se han alejado de ellos, ofreciendo una estructura mas modificada.

ÓRDEN IV—SAUROPTERIGIOS

En los representantes de este órden faltan los huesos post-orbital y supra-temporal; entre ciertos huesos craneanos se ven varias aberturas; existe el agujero parietal y las fosas nasales; los dientes son sencillos, y encajan en distintos alvéolos de los huesos pre-maxilar y pre-mandibular; rara vez los hay en el palatino ó en el terigoideo. Los miembros son natatorios, y no tienen mas de cinco dedos; hay un episterno y clavículas; el sacro tiene una ó dos vértebras para el enlace del arco pélvico, y algunas veces son numerosas las cervicales; las pleurapófisis del tronco son largas y arqueadas.

GÉNERO NOTOSAURUS, *Munster*

En la figura 85 se representan los principales caractéres, conocidos hasta aquí, de la especie que puede considerarse como típica del género: comparando este diagrama con el del Archegosauro (figura 79) reconócese el progreso en la organizacion de los reptiles acuáticos.

El cráneo no está ya protegido por un escudo de placas huesosas, las aberturas que hay detrás de las órbitas para los músculos temporales son anchas y muy abiertas, hallándose protegidas exteriormente por dos largas y delgadas prolongaciones huesosas; la superior está formada por el mastoideo (fig. 85, 8) y el post-frontal (12), y la inferior por el pómulo (26) y el escamoso (27), correspondiendo el último á los arcos cigomáticos de los mamíferos. El escamoso termina por su extremidad posterior en el pedúnculo timpánico (28). Los números 29, 30 y 32 señalan el suprangular, el angular y el elemento dentario.

En el lado del cráneo (22) se ve el pre-maxilar (22), el maxilar (21), el nasal (15) y la cavidad que hay debajo de este, que representa las fosas; 10 es el prefrontal; en medio de él y del 21 está el lagrimal; y 11 es el frontal sobre la órbita. Los dientes pre-maxilares y los correspondientes pre-mandibulares son muy largos, fuertes y agudos; en cada maxilar hay dos semejantes, siendo los otros mas pequeños, pero igualmente agudos; en toda la corona existe una capa de dentina dura, con otra muy delgada de esmalte, como la que se ve en la parte superior del cráneo. No hay dientes en el extenso paladar huesoso, en el cual no se ven mas aberturas que las fosas nasales internas.

Segun los caractéres propuestos para distinguir las vértebras cervicales de las dorsales resulta que el Notosauro tiene veinte de las primeras, contándose diez y nueve de las segundas en el ejemplar que aquí se representa. No se reconoce que ninguna de las costillas cervicales se ensanche en su extremidad, como en el Plesiosauro; las del dorso *pl*, son mas largas que en aquel. Existen dos vértebras sacras, que se reconocen por sus pleurapófisis largas, rectas, arqueadas en la extremidad y convergentes, la primera de las cuales cubre un poco la otra; el ileon (fig. 85, 62 *pl*) se fijaba sin duda por medio de ligamentos; la caudal mas anterior y las sucesivas sostienen arcos hemales, y en último término se ve el neural. Tambien existen las costillas abdominales, cuya pieza media (fig. 85, *hs*) es simétrica; las de los lados (*p*) no eran tan numerosas como en el Plesiosauro. La escápula (85, 51) consiste en un hueso corto y fuerte; la clavícula está unida á ella por una sutura muy sólida y oblicua; el coracoides (fig. 85, 52) está separado por una especie de nudo de la parte escapular, donde se contrae, extendiéndose luego en forma de una placa sub-triangular y ancha, cuyo borde se articula con el del coracoides opuesto; un ancho espacio sin osificar separa al coracoides del episterno.

El arco pélvico ofrece íntima semejanza con el del Plesiosauro (fig. 89); el isquion (fig. 85, 63) se ensancha en forma de placa triangular; el pubis (64) es un hueso plano sub-circular con una prominencia cerca de la extremidad articular.

Los huesos de los miembros, mejor desarrollados que en el Plesiosauro, se asemejan tambien mas á los correspondientes de las tortugas de mar (chelonios). Las tuberosidades para la insercion muscular cerca de la cabeza del húmero están mejor marcadas; el fémur (85, 65) es relativamente mas largo y se ensancha menos; los huesos del antebrazo, como los de la pierna (85, 66 y 67) se prolongan mas que en el Plesiosauro; las superficies articulares presentan en los orificios bordes levantados, que indican la naturaleza fibro-cartilaginosa de las articulaciones.

Se ve un espacio ligamentoso ó sin osificar en la parte dorsal del carpo y del tarso (85, 68), y solo se reconoce la evidencia de cuatro dedos en las extremidades anteriores y posteriores.

Una especie de Notosauro, el N. Schimperi, es de la division inferior del trias, que se distingue con el nombre de arenisca abigarrata de Soulz les-Bains; el Nothosaurus aduncidens, que se distingue por tener un ancho colmillo curvo, en forma de canino, en cada pre-maxilar, se encuentra en Crailsheim; los otros represententantes del género, N. giganteus, N. venustus, N. Munsteri, N. Andriani, N. angustifrons y N. mirabilis, son del muschelkalk de Bayreuth y Luneville.

GENERO PISTOSAURUS, *Von Meyer*

Pistosaurus longævus.—En este género se observa que la cara facial del cráneo se contrae bruscamente frente á las órbitas, de modo que visto por encima, se asemeja á un largo cuello de botella; las órbitas están tituadas en la mitad posterior, y las fosas nasales á los lados. Se encuentra en el muschelkalk de Bayreuth.

GENERO CONCHIOSAURUS, *Von Meyer*

Conchiosaurus clavatus.—La cara facial del cráneo se prolonga menos que en el Pistosauro, y las fosas nasales son terminales; cuéntanse doce dientes á cada lado, con una corona piriforme, y dispuestos á intervalos. Existe en la misma formacion que el anterior.

GÉNERO SIMOSAURUS, *Von Meyer*

Simosaurus Gaillardoti.—Los huesos en que se ha fundado este género son principalmente craneanos, y se encuentran en el muschelkalk dolomítico de Ludwigsberg, así como en Luneville. El cráneo presenta las grandes fosas temporales, las nasales divididas, y la general depresion que se observa en el Notosauro y el Pistosauro; pero la cara facial es mucho mas corta; el hocico no se prolonga ni termina ensanchándose, y forma por el contrario una extremidad obtusa. Las

osas nasales, por lo tanto, aunque distantes de las órbitas por la mitad del diámetro de estas últimas, están sin embargo mas cerca de la extremidad anterior del cráneo que en el género de los sauropterigios. Las fosas nasales se hallan relativamente mas próximas.

El perfil del cráneo se eleva desde la region inter-nasal á á la inter-orbitaria mucho mas que en el Notosauro, y la profundidad del cráneo detrás de la órbita es mayor en proporcion á su longitud. Los post-frontales se proyectan mas marcadamente hácia atrás; los malares se conexionan con los post-frontales, pero terminan libre y obtusamente un poco mas allá de la parte posterior prolongada del maxilar.

Mas completa y extensa en la osificacion del paladar en este género: los terigoideos se ensanchan mucho y estan unidos por una sutura media; los dientes, comparados con los del Notosauro, figuran en reducido número, siendo grandes é iguales excepto uno ó dos que hay en las extremidades

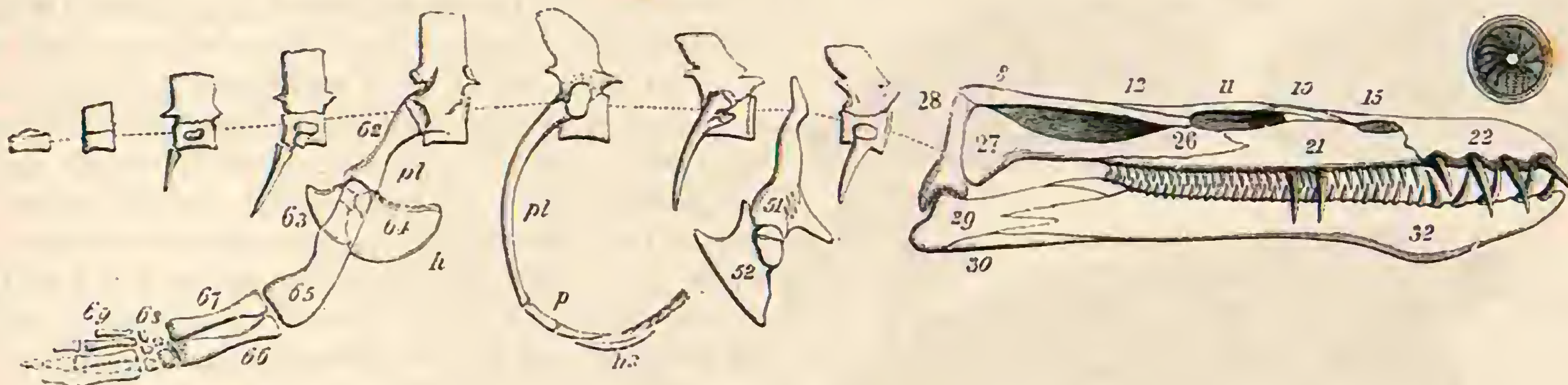


Fig. 85.—NOTOSAURO (*triásico*)

de la línea: la corona es cónica y presenta varios surcos longitudinales; algunos dientes son obtusos y otros agudos; pero todos mas cortos y gruesos que en el Notosauro y el Pistosauro. Las vértebras ofrecen superficies articulares planas, ó ligeramente cóncavas; y el arco neural se articula por sutura. Por esos caractéres y las proporciones generales se reconoce la semejanza con el Notosauro y el Plesiosauro. Indica alguna diferencia, respecto á la disposicion de las vértebras en la misma columna, el hecho de que á pesar de haberse encontrado ejemplares de la cola y de diversas partes del dorso, no se ha descubierto ninguna vértebra cervical que ofrezca la probabilidad de pertenecer á este género.

El coracoides recordó á Cuvier el del Ictiosauro; pero el ensanchamiento de su parte media ofrecia distinta forma. El púbis, como el del Plesiosauro, se asemeja en cierto modo al de un quelonio; los pocos huesos de los miembros que se han encontrado hasta aquí se parecen mas aun, lo mismo que los del Pistosaurus, á los correspondientes de los quelonios marinos.

GÉNERO PLACODUS

La estructura craniana de este género de reptil es muy semejante á la del Simosauro; pero sus proporciones son distintas; es tan ancho como largo, hallándose la mayor anchura en la parte posterior, desde donde convergen los lados á un hocico obtuso; toda la figura, vista por arriba, representa un triángulo de ángulos rectos y redondeados. Las fosas temporales son las mas anchas, y los arcos cigomáticos los mas fuertes en toda la clase de los reptiles; la mandíbula inferior ofrece un gran desarrollo del coronoides (fig. 86, *c* 29), que revela notable fuerza muscular, al paos que los alvéolos indican la forma extraordinaria y el tamaño de los dientes, los cuales similan como un empedrado, debiendo ser á propósito para triturar las conchas de los intertebrados marinos.

Los dientes de la mandíbula superior constituyen una serie maxilar, y una interna ó palatina; los maxilares están sostenidos en una línea marginal de alvéolos por los huesos pre maxilares (86, 22) y maxilares (86, 21), los dientes maxilo pre-maxilares figuran en número de cinco á cada lado (*a*, *b*), dos en el pre-maxilar (*a*, *b*) y tres en el maxilar (*c*, *d*, *e*). Los pre-maxilares son iguales por debajo, mas pequeños que los otros, y con las coronas sub-hemisféricas. Las series palatinas se reducen á dos dientes á cada lado; el primero (*f*) tiene la corona elíptica, y el segundo (*g*) afecta la forma oval.

En el Placodus gigas y en el P. Andriani existen tres dientes palatinos á cada lado, todos de gran tamaño; hállanse bastante próximos, y forman series algo arqueadas; los dientes maxilares, mucho mas pequeños, presentan una corona redondeada, contándose cuatro de igual dimension; los premaxilares, en número de tres á cada lado, están mas separados de los maxilares que en la especie Placodus rostratus, y con las coronas mas prolongadas y cónicas que en el P. laticeps; en este se observa que el último diente excede por su tamaño al de todas las demás especies, y relativamente á la dimension del cráneo, es el mayor que se ha visto en el reino animal.

Todos estos dientes están fijos por una base corta y sencilla en alvéolos bien marcados, hallándose sujetos á la misma ley que en los demás reptiles, por lo cual caen para ser reemplazados por otros. Algunos han creido se debian separar genéricamente los placodus que tienen dos dientes en cada serie palatina, de aquellos que están provistos de tres; pero el Placodus rostratus ofrece un carácter transitorio por el tamaño relativamente pequeño de los dos primeros dientes palatinos, y no se ha creido bastante justificada la separacion.

Cuando se examina la modificacion de forma en los dientes del género Placodus, no se puede menos de reconocer que eran muy apropiados para triturar las sustancias mas duras; y el hecho de haberse descubierto los fósiles asociados con conchas de moluscos, en tan inmenso número que sirvieron para dar denominaciones especiales á los estratos que contienen Placodus, indica cuál era el principal alimento de aquellos animales.

No cabe duda que los mas numerosos ejemplos de esta forma de dientes se encuentran en la clase de los peces; pero tambien se observan en la de los reptiles de nuestros dias; ciertos lagartos de Australia presentan esta particularidad tan marcadamente, que se inventó el nombre genérico de Ciclodos expresamente para ellos. Entre los reptiles extinguidos se cuenta tambien una especie de lagarto de los depósitos terciarios de Limagne, en Francia, que tiene dien-

tes redondeados obtusos, el último de los cuales, en la mandibula inferior, es mucho mayor que los demás.

El Notosauro, Simosauro y el Pistosauro presentan las mismas evidencias de afinidades lacertídeas que los placodos por la division de las fosas nasales, por el sistema dentario y la circunscripcion de las órbitas y fosas temporales; tambien se observa cierta semejanza de familia por el aspecto de aquellas aberturas y la extremada depresion del cráneo. Aunque el hocico varía mucho por su largo en este género,



Fig. 86

A Rhynchosaurus articeps, Ow.; Triasico de Shoropshire
B Chelone longiceps, Ow.; Eoceno de Sheppey
C Placodus laticeps, Ow.; Triásico de Bayreuth

es igualmente obtuso, y el borde alveolar de las mandibulas presenta la misma ligera convexidad que se observa en los placodos. La particular confluencia de los elementos de los arcos cigomáticos, que forma la ancha pared huesosa detrás de la órbita, es mas pronunciada en el Simosauro.

Es singular que hasta aquí no se hayan descubierto asociadas con los dientes de los placodos vértebras ú otros huesos del tronco que indicasen pertenecer á las mismas especies. Los pocos restos de los placodos consisten en partes del cráneo; pero es posible que algunas de las vértebras tan singularmente modificadas, no descritas aun, resulten ser de aquellas especies.

La estructura particular de los dientes del Placodus, propios para triturar los animales mas duros; su íntima analogía con la que presenta la de ciertos peces existentes hoy dia, que se nutren de conchas y de moluscos; y la notable abundancia de estos fósiles en los estratos mas ricos en restos de placodos, contribuyen á confirmar la creencia de que las especies de este género eran reptiles que frecuentaban las playas, pudiéndose suponer que nadaban muy bien. Sin embargo, como hasta aquí no se ha podido encontrar sino la cabeza y los dientes para la reconstruccion de dicha forma mesozóica de reptil moluscívoro, deberemos aplazar nuestras deducciones.

GÉNERO TANYSTROPHÆUS

Tanystrophæus conspicuus.—Ciertos huesos largos, delgados y huecos (fig. 87 A), procedentes del muschelkalk de Alemania, fueron atribuidos por el conde Munster á la clase de los reptiles, y designados con el nombre de Macroscelosaurus, por creer que eran de los miembros; pero H. Von Meyer, que tuvo ocasion de examinar despues ejemplares mas completos, reconoció el carácter de vértebras, y aunque admitiendo la idea de que procediesen de reptiles, no los consideró como huesos de los miembros. En su consecuencia descartó el nombre de Munster, sustituyéndole con el que le damos aquí, el cual indica las proporciones peculiares como vértebras. Aunque las extremidades articulares son en su mayor parte simétricas, no se nota el mismo carácter en el cuerpo principal del hueso; es muy comprimido, por lo general mas ancho y plano por debajo que por encima, y á veces mas achatado en un lado que en otro, formando así un corte cruzado verticalmente oval é irregular. En la superficie inferior, hácia las extremidades de las vértebras suele haber un surco central; otros semejantes, no tan regulares, se proyectan á los lados. El centro está excavado por un canal que se asemeja al medular; las paredes de esta cavidad son gruesas, siendo su espesor como una sexta parte del diámetro del hueso; los arcos neurales sostienen cada uno una especie de espina rudimentaria; hácia la mitad del cuerpo se abre un ancho canal vascular; no hay vestigio alguno de hemapófisis; y por esta circunstancia, así como por la ausencia del canal neural, reconócese que las singulares vértebras pertenecen á la cola; la diferencia de forma y tamaño, en las pocas que se han encontrado, revela asimismo que habia mas de dos en la cola del extraordinario animal á que pertenecieron. Es posible que uno ú otro de los notables géneros simosaurus y placodus tuvieran en la cola, ó en parte de ella, la singular estructura que las vértebras tanistrofeas indican: las primeras cuatro del tronco ó del cuello de la fistularia tabacaria, son las que mas se las asemejan por sus proporciones; pero ninguna de las de aquella especie tiene la concavidad articular y las cigapófisis en ambas extremidades.

GÉNERO SPHENOSAURUS

Sphenosaurus de Sternbergi.—Las vértebras fósiles en que se funda este género encontráronse en una arenisca, probablemente de Bohemia ó Alemania: de las veintitres que se encontraron, casi en su posicion natural, y con la superficie inferior descubierta, cinco corresponden á la cola y las otras al tronco; de estas últimas, dos son sacras, dos lumbares y las demás dorsales ó torácicas. El arco neural parece haber estado unido por sutura al centro; y la extremidad articular de este es vertical á su vez.

GÉNERO PLESIOSAURUS

El descubrimiento de este género es uno de los mas importantes con que la Geología ha enriquecido á la anatomia comparada. Cuvier consideró que la estructura del

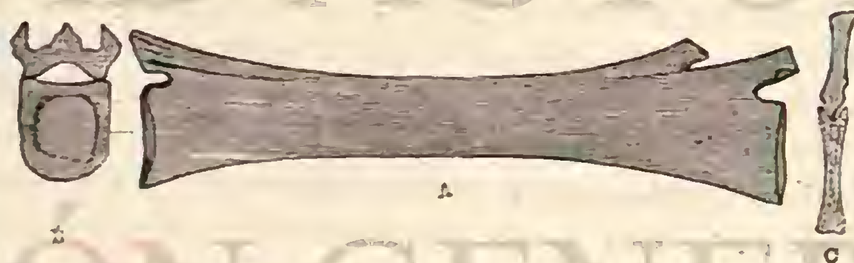


Fig. 87.—A, B, Tanystrophæus (*Triásico*); C, Ichthyosaurus

Plesiosauro era la mas singular, y sus caractéres los mas anómalos que se habian descubierto entre las ruinas del mundo primitivo; y al describirle expresóse en estos términos: «Tiene cabeza de lagarto, dientes de crocodilo, un cuello enormemente largo que se asemeja al cuerpo de la serpiente, tronco y cola de las proporciones que ofrecen las de un cuadrúpedo ordinario, y aletas como las de la ballena (fig. 88).» «Tal es, escribe Buckland, la extraña combinacion de forma

y estructura que se observa en el Plesiosauro, género cuyos restos, despues de haber permanecido enterrados durante miles de años entre los de millones de séres extinguidos de la antigua tierra, han salido por fin á luz gracias á las investigaciones del geólogo, siendo sometidos á nuestro exámen en casi tan perfecto estado como los huesos de las especies existentes en la actualidad.»

Los primeros restos de este animal se descubrieron en el lias de Lime Regis hácia el año 1822, y se los designó con el nombre de Plesiosaurus, denominacion derivada de las palabras griegas *plesios*, cerca, y *saurus*, lagarto, porque los autores vieron que era mas semejante á este animal que el Ictiosauro, procedente de la misma formacion.

Desde la época citada se han hallado los esqueletos enteros de varios individuos de distintas especies, los cuales confirmaron la sagaz y bien entendida restauracion de los primeros descubridores.

Columna vertebral.—Los cuerpos de las vértebras tienen las superficies articulares planas ó ligeramente cóncavas, ofreciendo de ordinario dos orificios en su parte inferior: las vértebras cervicales consisten en un cuerpo, el arco medular y las pleurapófisis; las últimas faltan en la primera vértebra,

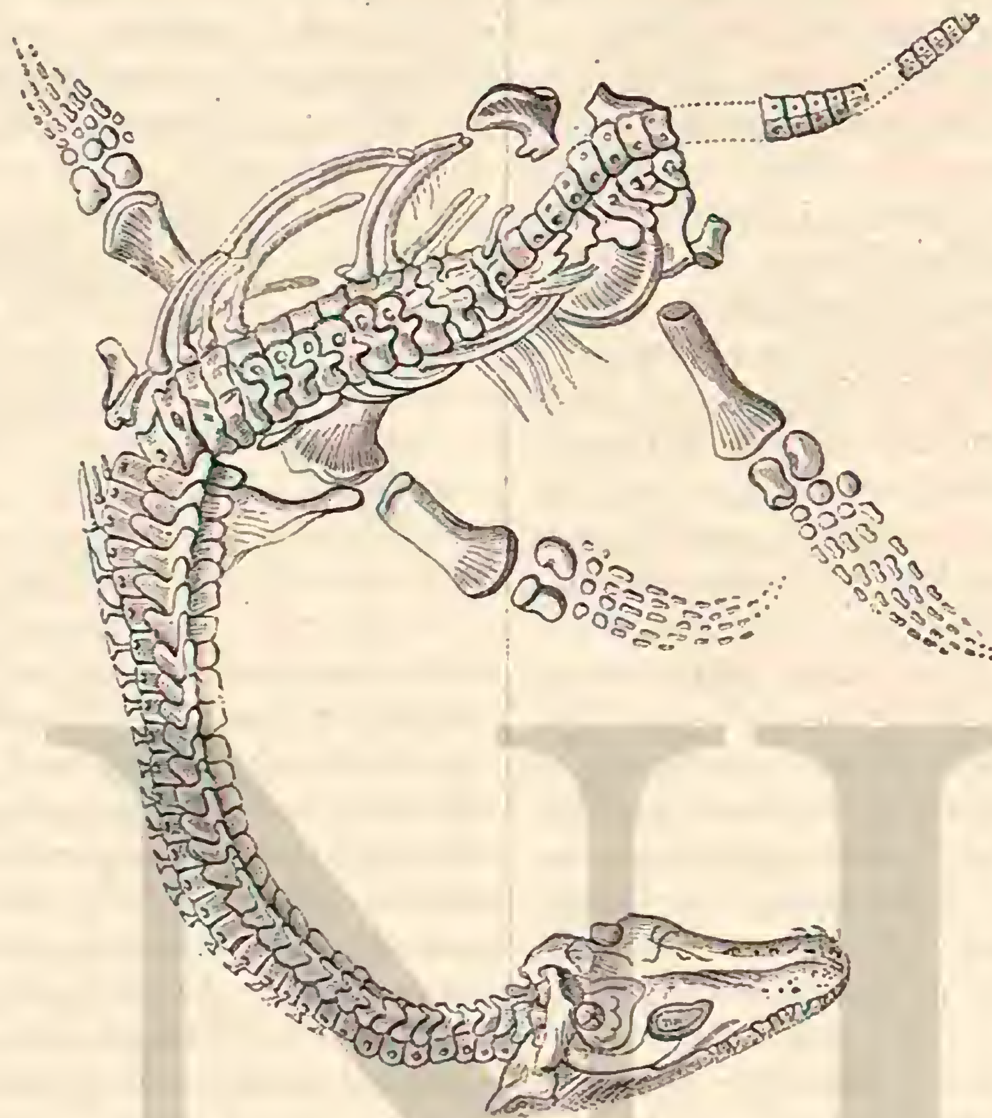


Fig 88.—(PLESIOSAURO) *Lias.*

pero así esta como la segunda tienen hipapófisis. Los ligamentos cervicales son cortos y se ensanchan en su extremidad libre, articulándose con una profunda cavidad que presenta un surco longitudinal.

El cuerpo del atlas se articula con una gran hipapófisis por debajo, con la neurapófisis por encima, con el cuerpo del eje por detrás y con parte del cóndilo occipital de frente; todas las articulaciones, excepto la última, desaparecen por anquílosis en el Plesiosaurus pachyomus, y probablemente sucede lo mismo en las demás especies por efecto de la edad La segunda hipapófisis llega á ser confluente en el interespacio inferior entre los cuerpos del atlas y el axis.

La region dorsal comienza por las vértebras en que la superficie costal empieza á estar sostenida sobre una diapófisis; esta aumenta progresivamente de largo en la segunda y tercera dorsal, continuándose como una prolongacion transversa hasta cerca de la extremidad del tronco. En la vértebra caudal, la superficie costal baja gradualmente desde la merapófisis sobre el lado del centro, y nunca está dividida por el surco longitudinal que en los mas de los plesiosauros designa la superficie. Los sacos neutrales no suelen estar anquilosados con el cuerpo; las prolongaciones espinosas que se hallan en contacto á lo largo del tronco y en la base del cuello, debieron haber limitado los movimientos laterales del animal; las pleurapófisis se prolongan y estrechan en las cervicales posteriores, convirtiéndose en delgados ligamentos en la region dorsal, donde se encorvan de modo que envuelven los dos tercios superiores de la cavidad abdominal torácica. En la region abdominal están subdivididas las hemapófisis, y con la pieza media forman una especie de peto, que ocupa el espacio que hay entre los coracoides y el púbis. En la cola las hemapófisis son cortas y rectas; y aquella es mucho mas breve en el Plesiosauro que en el Ictiosauro.

El cráneo es muy deprimido, y viene á tener tres veces mas longitud que anchura; pero las proporciones varian en las distintas especies; la parte craniana que hay detrás de las órbitas es cuadrada; se contrae lateralmente hasta cerca de la maxila-pre-maxilar, y se ensancha luego un poco antes de redondearse.

Las órbitas están en la mitad del cráneo ó cerca de ella; y en ningun ejemplar se ha observado hasta ahora el menor vestigio de láminas escleróticas. Las fosas temporales consisten en grandes aberturas cuadradas; las nasales, situadas poco mas allá de las órbitas, apenas son mayores que los orificios parietales.

La mandíbula inferior presenta un elemento dentario angular en ambas ramas; los alvéolos son cavidades bien marcadas, que presentan un surco ó cavidad á lo largo de su borde interno en las dos mandíbulas.

Cuando los dientes sucesivos comienzan á proyectarse, presentan como dos series; todos son agudos, largos, y delgados, con finas estrías longitudinales en el esmalte; los anteriores son los mas largos.

El escapular es un fuerte hueso tri-radiado, corto, y algo

aplanado; la gruesa extremidad articular, que forma el radio mas corto, está igualmente dividida por la superficie articular para el coracoides.

Este último es notable por su excesiva expansion hácia el eje del tronco, extendiéndose desde las costillas abdominales para recibir el episterno; se une anteriormente con las clavículas, así como con aquel, y lateralmente se articula con el escapular, constituyendo así la cavidad glenoidea para el húmero.

El episterno tiene la misma forma general que las piezas medias de las costillas abdominales; las prolongaciones de los lados son mas anchas y planas. El húmero consiste en un hueso largo, de mediano grosor, con una extremidad convexa, que se ensancha gradualmente hácia la otra. El carpo se compone de una doble serie de discos planos y redondeados: los huesos metacárpicos, en número de cinco, son largos y delgados; se ensanchan ligeramente en ambas extremidades, y á veces se arquean un poco. Las falanges de los cinco dedos afectan una forma semejante, pero disminuyen gradualmente de tamaño; la expansion de las dos extremidades, que son truncadas, contribuye á que los lados sean cóncavos; el primer dedo tiene generalmente tres falanges; el segundo de cinco á siete; el tercero ocho ó nueve; el cuarto ocho, y el quinto cinco ó seis; todos son aplanados, pero evidentemente estaban comprendidos en una membrana, como en la tortuga: los terminales carecen de uñas.

El arco pélvico se compone de un fuerte hueso, recto y corto, de un púbis ancho y cuadrado, y de un isquio triangular; las expansiones de los dos últimos huesos igualan casi á la del coracoides. La aleta no suele ser de igual anchura que la pectoral; pero en el P. macrocephalus es mas larga; los huesos corresponden íntimamente por su número, disposicion y forma con los del miembro anterior. El fémur tiene el márgen posterior menos cóncavo, pareciendo por lo recto al peroné que es reniforme. Los huesos tarsianos son tambien mas pequeños del lado de la tibia. De los reptiles existentes, los lagartos, y entre ellos los monitores del antiguo continente (varanus), son los que mas se asemejan al Plesiosauro por la estructura del cráneo á causa de sus aberturas. La division de las fosas nasales, los orificios de la region occipital, y los parietales, la extension cigomática de las aberturas del post-frontal, del palato-maxilar y del terigo-esfenoidéo, son todos caractéres lacertideos.

Los orificios antorbitales entre los huesos nasal, pre-frontal y maxilar son las únicas fosas internas en los plesiosauros; el arco cigomático termina en la parte anterior del timpánico y le fija, resultando osificada una parte del paladar mucho mayor que en los lagartos: las articulaciones palato-maxilar y terigo-esfenoidéa quedan muy reducidas. Los dientes están fijos en alvéolos bien marcados. Para expresar la analogía de la conformacion craniana se acostumbra á decir enfáticamente que el Plesiosauro tenia cabeza de lagarto; pero las afinidades con el crocodilo no se limitan á los dientes, sino que se extienden á la estructura del cráneo mismo.

En el modo de articularse las costillas se manifiesta de nuevo la afinidad lacertídea; los otros caractéres vertebrales son un ejemplo de la diferencia comun entre el Plesiosauro y los reptiles existentes. La figura de las articulaciones principales; el número de vértebras entre la cabeza y la cola, particularmente las del cuello; la ligera indicacion de las vértebras sacras, y la no confluencia de las hemapófisis caudales entre sí, son todos caractéres del Plesiosauro. En el tamaño y número de las costillas abdominales y del esternon podrá verse tal vez un primer paso en la serie del desarrollo de las hemapófisis del tronco, que alcanza su máximum en el peto de los quelonios.

La articulacion de la clavícula con la escápula es comun á los quelonios y á los plesiosauros; la expansion del coracoides, extremada en los segundos, es mayor en los primeros que en los crocodilos, y mas considerable todavía en algunos lacertidos. La forma y proporciones del púbis y del isquion, comparados con el ileon, en el arco pélvico de los plesiosauros, ofrece la mayor semejanza con la pélvis de los quelonios marinos; ningun otro reptil existente presenta ahora tanta analogía, aunque sea remota, con la estructura de las extremidades del Plesiosauro. Entre las figuras que se han dado de este por diversos autores, la que le representa como una serpiente ensartada en el tronco de una tortuga es la mas notable; pero el número de vértebras en el Plesiosauro no constituye una verdadera indicacion de afinidad con el órden de los ofidios.



Fig. 89.—PLIOSAURO

El cráneo de reptil que se encuentra en las formaciones inferiores al lias, y que mas se asemeja al Plesiosauro, es el del Pistosauro: en este género, las fosas nasales están situadas de un modo análogo, aunque algo mas avanzadas de las órbitas; el premaxilar y las fosas temporales son tambien algo mas largas y estrechas; los post-frontales y mastoideos se combinan mas marcadamente con los pómulos y escamosos para formar el arco cigomático, mas profundo en el Pistosauro; los orificios parietales son mas grandes, y no hay vestigio de cresta media parietal. En el paladar, además de las fosas internas, que son pequeños agujeros situados entre los palatinos, pre-maxilares y maxilares, hay un orificio medio premaxilo-palatino.

En el Pistosauro se cuentan diez y ocho dientes á cada lado de la mandíbula superior, incluso los cinco pre-maxilares; mientras que en el Plesiosauro se ven de treinta á cuarenta; en el primero son relativamente anchos, presentando un corte mas transversal; y los anteriores son proporcionalmente mas grandes que los posteriores, carácter menos marcado en el Plesiosauro. La desproporcion es mas considerable aun en el Notosauro, algunas de cuyas especies están provistas de un par de colmillos curvos, que recuerdan la peculiar armadura del dicnodon.

Así el Notosauro como el Pistosauro, tenian muchas vértebras en el cuello, y el tránsito de estas á las series dorsales se efectuaba, como en el Plesiosauro, por la elevacion de la superficie costillar desde el cuerpo á la nerapófisis.

Una comparacion de los restos del Plesiosauro ha demostrado que las distinciones específicas van acompañadas de bien marcadas diferencias en la estructura y proporciones de las vértebras correspondientes; pero no se reconocen las mas pequeñas en cuanto al número de las cervicales, dorsales y caudales. Cuando cualquiera region de la columna vertebral presenta un desusado desarrollo en un género, esta region es mas susceptible de sufrir cambios dentro de ciertos límites que en otro género en que las proporciones sean mas normales. Los caractéres específicos resultan de las proporciones de las vértebras centrales, del tamaño relativo de las costillas cervicales, de la posicion, figura y prominencia de las superficies post-articulares; de la longitud relativa del

cuello respecto al mayor ó menor tamaño de la cabeza; y de la estructura y dimension proporcional de las extremidades anteriores y posteriores. Son conocidas y se han descrito mas de veinte especies de plesiosauro, cuyos restos se encuentran en el terreno jurásico, en el horizonte weáldico y hasta en el cretáceo superior, distribuyéndose desde el lias hasta la creta inclusive.

GÉNERO PLIOSAURUS

M. Von Meyer considera el número de las vértebras cervicales y la longitud del cuello como caractéres de primera importancia en la clasificacion de los reptiles, y fundándose en ello creó su órden llamado Macrotrachelen, en el que comprende al Simosauro, al Istosauro y Notosauro con el Plesiosauro. No cabe duda que el número de vértebras en el mismo esqueleto tiene cierta relacion con los grupos ordínicos; los ofidios ofrecen en estas un carácter comun; pero no es el esencial, porque la forma de serpiente, dependiendo de multiplicadas vértebras, caracteriza asimismo á ciertos batrácios (Cæcilia), y aun á varios peces (Muræna). Ciertas regiones de la columna vertebral son el centro de grandes variaciones en el mismo grupo de los reptiles: hay lagartos de cola larga y de cola corta; pero no separan los que están provistos de numerosas vértebras caudales, como los macruros, de aquellos que cuentan pocas ó mas.

Hay fundadas razones, sin embargo, para sospechar que algunos de los saurios del muschelkalk, tan íntimamente afines al Notosauro como el Pliosauro lo es del Plesiosauro, han presentado modificaciones análogas en el número y proporciones de las vértebras cervicales. Apenas es posible contemplar el ancho y corto cráneo del Simosauro, con sus grandes dientes, sin inferir que semejante cabeza debió estar sostenida por un cuello mas breve y poderoso que el que llevaba la prolongada y estrecha cabeza del Notosauro ó del Pistosauro. Lo mismo podríamos decir respecto del Placodus y del Simosauro.

Ni las proporciones, ni la armadura del cráneo del Placodus, ni tampoco ninguno de los caractéres craneanos y dentales, permiten suponer que la cabeza no estuviese sostenida por un cuello comparativamente corto y fuerte; y la composicion del cráneo, sus proporciones, cavidades, y otros atributos anatómicos, indican claramente la íntima semejanza del Placodus con el Simosauro

Los caractéres genéricos del Pliosauro residen en los dientes y en las vértebras cervicales: comparados los primeros con los del Plesiosauro, resultan ser mas gruesos en proporcion á su longitud, y estar limitados por prominencias laterales mas convexas; las estrías longitudinales que ofrece el esmalte están muy bien marcadas. Las vértebras del cuello son tan comprimidas que se asemejan á las del Ictiosauro (fig. 87 C); pero las superficies articulares son planas (figura 89). En cuanto á lo demás, exceptuando las mas macizas proporciones de las mandíbulas y de los huesos de las extremidades, el armazon huesoso del Pliosauro tiene estrecha analogía con el del Plesiosauro; y como las vértebras del tronco presentan las proporciones observadas en las de aquel, dan confusa idea del género de reptil á que verdaderamente pertenecieron, cuando se encuentran separadas. Algunos individuos de la especie Pliosaurus brachydeirus parecen haber alcanzado cuarenta piés de longitud: un diente del Pliosaurus grandis, procedente de la arcilla de Oxford, tenia dos pulgadas y siete líneas de diámetro en la base; las dos extremidades del órgano están rotas, pero su longitud pudo exceder de ocho pulgadas, que es la dimension del diente del mas corpulento cachalote ó ballena. Los restos de esta forma modificada de sauropterigio son peculiares de los horizontes oxfórdico y kimerídgico del jurásico; en los condados de Inglaterra donde han sido depositadas dichas arcillas, no dejan de ser comunes las vértebras y los dientes. Los restos de las especies afines Pliosaurus Worinskii y Spondilosaurus de Ficher fueron descubiertos en las formaciones equivalentes de Rusia.

GÉNERO POLIPTICODON

Está representado por especies cuya dimension iguala á la del Pliosauro. Los dientes tienen una fuerte corona cónica con un corte sub-circular transverso, y las estrías longitudinales del esmalte se agrupan al rededor de la corona, de cuyo carácter deriva el género su nombre, que significa diente de muchas estrías. Difieren dichos órganos de los del Mosasauro ó Pliosauro por la carencia de la faceta plana y lisa de la corona, cuya superficie está dividida en dichos géneros por dos estrías longitudinales. Los dientes encajan en alvéolos bien marcados, como en el Plesiosauro. Las vértebras halladas en el mismo horizonte, que corresponden por su tamaño con los dientes, ofrecen el tipo plesiosauroideo. Los huesos de una ancha aleta, ó miembro natatorio, descubiertos en la creta de Kent, pudieron pertenecer al Polipticodon.

Los restos de este género no han sido hallados hasta aquí sino en las formaciones cretáceas; en la arenisca verde superior de Kent, en Cambridge, en el neocómico de Kurts, en Rusia, y en la creta de Kent, en Sussex.

El tipo sauropterigio alcanzó el máximum de su dimension bajo las dos últimas formas genéricas, al terminar la gran época mesozóica, cuando todo el órden se habia extinguido ya.

ÓRDEN V—ANOMODONTIDOS

En los representantes de este órden faltan los dientes, ó se reducen á un solo par en los maxilares, que tienen la forma ó proporcion de colmillos; obsérvase un orificio parietal y dos fosas nasales externas; el pedúnculo timpánico está fijo; las vértebras son bicóncavas; el cuerpo de las costillas es largo y encorvado; los anteriores se bifurcan en una de sus extremidades; el sacro tiene mas de dos vértebras; los miembros son ambulatorios.

FAMILIA—DICINODONTES

El carácter principal consiste en la presencia de un largo colmillo en cada hueso maxilar; los premaxilares se articulan, formando con la mandíbula inferior una boca en forma de pico.

Los restos de esta muy singular familia de reptiles no se han encontrado hasta aquí sino en el sur de Africa, donde aparecen petrificados en una piedra dura, probablemente del período triásico. En las modificaciones del cráneo se reconocen caractéres del crocodilo, de la tortuga y del lagarto, combinados con la presencia de un par de enormes colmillos agudos que crecen hácia abajo, cada cual en un lado de la mandíbula superior, como los de la morsa llamada trichecus. En estos singulares animales no se desarrollaba otra clase de dientes; la mandíbula inferior parece haber estado armada, como en la tortuga, de una faja córnea.

A juzgar por el ahuecamiento de las superficies articulares de las vértebras, estos reptiles deben haber sido buenos nadadores, y probablemente acostumbraban á vivir en el agua; pero la estructura de los conductos óseos de las fosas nasales demuestran que debian salir á la superficie para respirar el

aire atmosférico. La pélvis consiste en un sacro compuesto de cinco vértebras confluentes, con huesos iliacos muy anchos, siendo gruesos y fuertes el isquion y el púbis; los de las extremidades se asemejan á los de los quelonios marinos, siquiera sean mas anchos.

Algunas plantas extinguidas, afines de los lepidodendron, así como otros fósiles, inducen á creer que las areniscas que contienen los reptiles dicinodontes eran de la misma edad geológica que aquellas donde se hallaron los restos de los rincosauros y labirintodon en Europa.

El género dicinodon, nombre derivado de dos palabras griegas que significan dos colmillos ó dientes caninos, se fundó sobre cuatro especies de perfil redondeado, y con los maxilares no tan asurcados como en el género siguiente.



Fig. 90.—CRÁNEO Y COLMILLOS DEL DICYNODON LACERTICEPS

Dicynodon lacerticeps.—Está representada por un cráneo de seis pulgadas de largo, existente en el Museo Británico, y del cual reproducimos la copia en la figura 90, en la cual se indican con la letra *c* los caninos.

Dicynodon testudiceps.—En esta especie, el cráneo, y particularmente la cara facial, son mas cortos que en el anterior.

Dicynodon strigiceps.—El carácter principal de esta especie consiste sobre todo en la brevedad de las mandíbulas y en ser extremadamente obtuso el hocico; las fosas nasales están situadas casi debajo de las órbitas.

Dicynodon tigriceps.—La longitud del cráneo en esta especie es de unas veinte pulgadas, y su anchura mayor entre los arcos cigomáticos de unas diez y ocho. Difiere del D. lacerticeps no solo por el tamaño, sino por la mayor capacidad relativa de las fosas temporales, y el menor diámetro de las órbitas. Estas cavidades ocupan en el D. lacerticeps el tercio medio del cráneo; pero en el D. tigriceps están del todo en la mitad anterior. El perfil de aquel en la primera de dichas especies comienza á inclinarse desde una linea paralela con la parte posterior de las órbitas; pero en el D. tigriceps se arquea desde mas allá de aquellas.

GENERO TICOGNATUS

Otras tres especies, que presentan un notable contorno angular del cráneo, con huesos mandibulares muy salientes y asurcados, fueron separadas sub-genéricamente, dándose les el nombre con que aquí las designamos. Sus restos caracterizan las mismas formaciones que las del dicinodon.

Ptychognathus declivis.—En el cráneo de esta especie, que presenta en conjunto la horizontalidad del plano superior, la ancha superficie del occipucio se encuentra con él formando un ángulo agudo, elevándose desde el cóndilo hácia atrás, estructura no observada antes en ningun reptil, y semejante á la que ofrece el occipucio con relacion al vértice en muchos mamíferos.

El plano fronto-parietal (91, 3 *b.*) está limitado por una línea protuberante anterior (3, *b*, 14, 15), de la que parte la cara facial del cráneo (3 *a*, 15, 22), bajando en direccion casi paralela con la del occipucio, cuya línea (3 *c*, 7, 8), es prominente en el centro. A causa de la expansion exterior de la placa masto timpánica (3 *c* 8, 28), el plano occipital llega á ser la parte mas ancha del cráneo, que se contrae inmediatamente hácia delante en direccion á los alvéolos de los colmillos caninos (3 *b*, 21).

Las fosas nasales (3 *a*, *n*) están mas cerca de las órbitas *(o)* que del hocico; y son proporcionalmente mas pequeñas que en los dicinodontes típicos. Las órbitas están situadas de modo y es tal su conformacion, que indican que el reptil tenia la facultad de dirigir la vista en todos sentidos. Las aberturas superiores de las fosas temporales son mas anchas que largas. El paladar no tiene mas que un gran orificio oval en su parte posterior, limitado exteriormente y hácia atrás por las prominencias de los palato-terigoideos. En una órbita se conservaban algunas placas escleróticas (3 *a*, *s*).

El cóndilo occipital (3 *c*) está formado por los base-occipitales (1) y ex-occipitales (2) de iguales proporciones; los últimos se unen, como en los crocodilos, con los paro-occipitales (4); los parietales constituyen un hueso, perforado por un pequeño orificio cerca de la sutura coronal; los frontales (3 *b*, 11) son mas anchos que largos, y contribuyen algun tanto á formar el borde super-orbital; la sutura media está bien marcada y se continúa hácia delante entre los nasales (15); la prominencia super-orbital (3 *a*, *h*) está desarrollada por un gran pre-frontal sub-triangular (14); el lagrimal (13) forma la parte anterior de la órbita, extendiéndose casi media pulgada sobre la cara; los lados del pre-maxilar (22) se arquean bruscamente para reunirse con los maxilares (21). Las ramas de la mandíbula inferior aumentan de altura desde el ángulo á la sínfisis, donde son confluentes.

Los elementos de la mitad posterior del ramus, correspondientes al articular, angular y sub-angular de los lagartos, parecen formar una pieza (3 *a*, 30); la parte que corresponde al angular constituye el límite posterior de una cavidad oblonga que hay en el centro del lado del ramus, y cuya extremidad anterior está formada por una bifurcacion del elemento dentario (32). La sínfisis de las mandíbulas (3 *a*, 32) es particularmente maciza, ancha, alta y gruesa, y anteriormente convexa en todos sentidos; se arquea hácia arriba, terminando en un borde cortante, ancho y convexo. El desarrollo de la extremidad anterior de la mandíbula inferior resulta de la truncadura oblicua del pre-maxilar; la boca se abre oblicuamente hácia arriba, como en algunos peces, comunicando un singular aspecto al cráneo de los ticognatos.

La modificacion de la parte posterior de la cabeza del ticognato, y particularmente la gran expansion debida solo al desarrollo de las prominencias que aumentan la superficie de enlace de los músculos, indican la fuerza que deberia tener dicha parte, así como tambien el armazon en que estaban sólidamente fijos los dos enormes colmillos; la fuerza de resistencia de las cavidades donde encajaba la base de aquellos se aumentaba con las prominencias desarrolladas en la parte exterior de su pared huesosa.

Unicamente los crocodilos presentan ahora tan extensa osificacion del occipucio, y en los quelonios la mandíbula cortante sin dientes; pero en unos y otros, la fosa nasal exterior es sencilla; y en los lagartos se repiten las aberturas divididas para respirar el aire: solo en los mamíferos encontramos un desarrollo de colmillos caninos como el de los dicinodontes.

Ptychognathus latirostris.—Esta segunda especie está indicada por un cráneo que en su cara facial es mas ancho y corto, y cuyas órbitas afectan una forma mas circular. La parte inclinada del cráneo ofrece el mismo contorno recto, y es del mismo largo (cuatro pulgadas) que en el P. declivis;

pero su anchura en la base de los alvéolos de los caninos mide tres pulgadas y dos líneas; las prominencias comienzan á proyectarse cerca de las órbitas.

FAMILIA CRIPTODONTES

Las mandíbulas superior é inferior carecen de dientes, ó los tienen muy pequeños.

GÉNERO OUDENODON

Oudenodon Bainii.—Los fósiles en que se ha fundado esta especie proceden de una caliza azulada, arcilloso-ferruginosa del sur de Africa, y forman parte de una coleccion remitida al Museo Británico por Mr. Bain, que ha dado su nombre al género. En la especie dedicada al que la descubrió, la parte posterior del cráneo se ensanchaba mucho por la expansion de los masto-timpánicos lameliformes y sinuosos, inclinándose desde la parte superior del cóndilo-occipital, continuándose el super-occipital en el parietal (fig. 91, 4 *r*) por una cavidad prolongada.

Las fosas temporales (7) son mas largas que anchas, por cuyo carácter se asemeja mas el Oudenodon al Dicinodon que el Ticognato. El cigoma (26) consiste en una especie de barra comprimida, larga y delgada; la barra post-frontal (12) separa las fosas temporales de la órbita. El espacio inter-orbital es mas estrecho que el inter-temporal; de modo que el borde mas bajo de las órbitas sobresale mas que el superior, ofreciendo las dos un aspecto muy oblicuo *(o)*. El perfil de la cara desciende por una curva regular desde la parte superior á la anterior, que es casi vertical, continuándose los pre-maxilares (22) cerca del nivel del borde alvéolar del maxilar mas marcadamente que en el Ticognato. Las fosas nasales *(n)* son relativamente mas anchas que en la especie anterior; ambos pre-maxilares y maxilares mas protuberantes; el nasal (15), el pre-frontal (14) y el lagrimal (13) completan el límite inferior anterior. Debajo del centro de la órbita se ve una prominencia redondeada y vertical, que se proyecta del maxilar. Varios fragmentos de Oudenodon han demostrado que la parte prominente del maxilar es muy sólida, y que no presenta ni siquiera vestigio de un diente que corresponda al colmillo del Dicinodonte. El resto del borde alvéolar, formado principalmente por el pre-maxilar, carece de dientes y es cortante, como en aquellos reptiles; y presentando la mandíbula inferior la misma estructura, tenemos en el presente notable reptil un saurio desdentado.

La composicion del cráneo del Oudenodon es esencialmente la misma que la del Dicinodon, ofreciendo iguales afinidades, con tanta semejanza á la de los quelonios como puede indicarlo la falta total de dientes, pero la doble fosa nasal demuestra la analogía con los saurios.

En la Revista de la Sociedad Geológica se describen otras dos especies; Oudenodon prognathus y O. Greyii, procedentes de las areniscas de la base del Rhenosterburgo, en el sur de Africa.

GÉNERO RINCOSAURO

Rhinchosaurus articeps.—Los fósiles en que se ha fundado el género y la especie proceden de la nueva arenisca roja (trias) de Shropshire; encuéntranse en las canteras de Grinsill, cerca de Shrewsbury; allí fueron halladas algunas vértebras, porciones de la mandíbula inferior, un cráneo casi entero, fragmentos de la pélvis y dos fémures, restos que estaban envueltos en la arenisca mas baja; en la mas fina se descubrieron vértebras, costillas y algunos huesos de los arcos escapular y pélvico. Los huesos presentan una textura muy compacta; la superficie expuesta es lisa, ó finamente estriada, y de un ligero color azul. Las areniscas que contienen estos huesos suelen presentar huellas en que se distinguen bastante marcadas las uñas, reconociéndose el tamaño del dedo mas interior del pié, y una impresion que corresponde á la parte posterior del mismo, la cual recuerda las producidas por el dedo posterior de algunas aves, que solo tocan el suelo con la extremidad. Las huellas miden desde la punta del quinto dedo á la del mas interior, ó rudimentario, una pulgada y media; y son las únicas que han sido descubiertas hasta aquí en las areniscas de Grinsill.

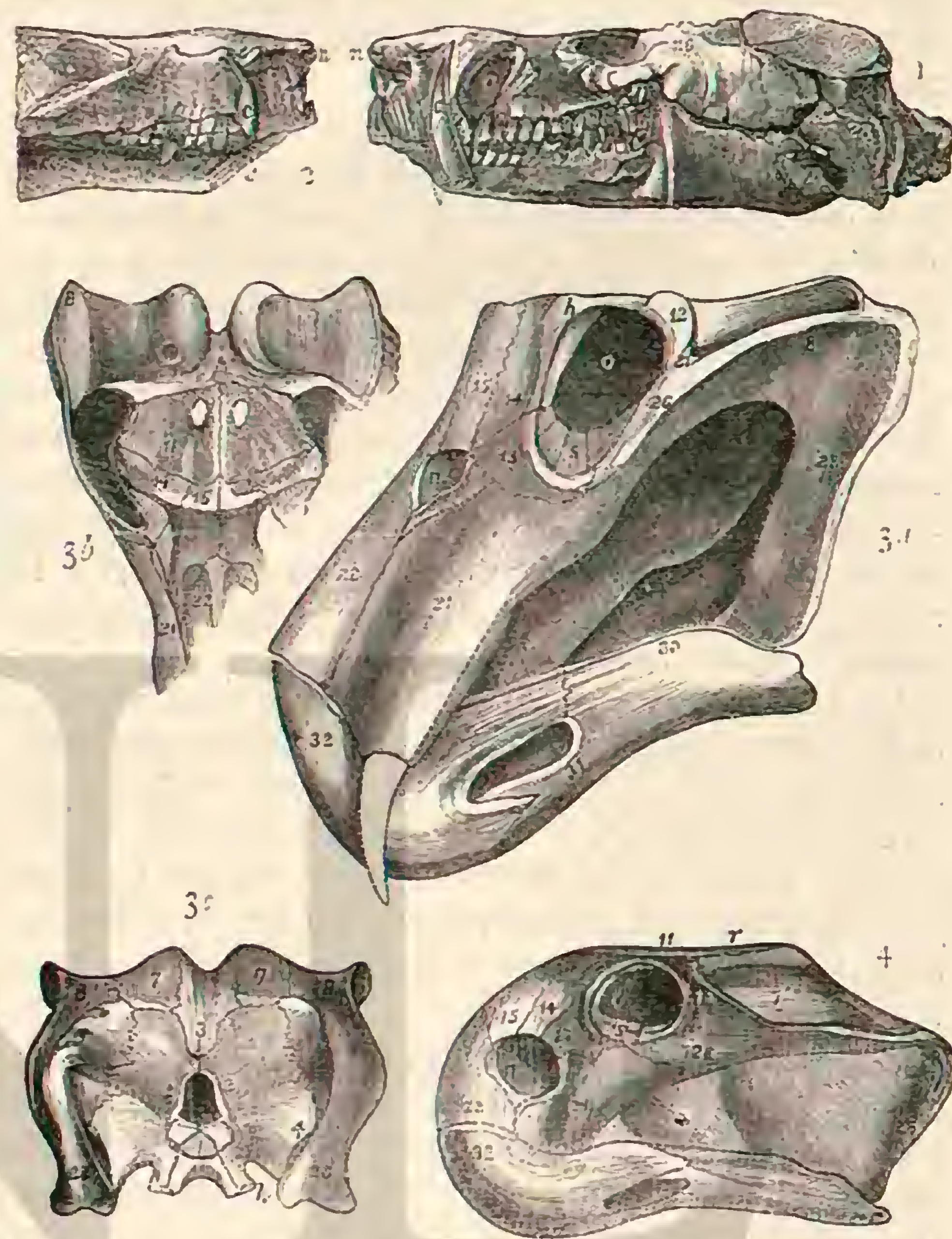


Fig. 91.

1 y 2 Galesaurus planiceps, Ow.; Triásico de Rhenosterburgo, Sur Africa 3 Ptychognathus declivis, Ow.; Triásico de Rhenosterburgo, Sur Africa 4 — Oudenodon Bainii, Triásico de Fort Beaufort, Sur Africa.

Como los huesos fósiles han sido hallados siempre casi en la misma capa que aquella en que aparecen las huellas citadas antes, pertenecen probablemente al mismo animal. En las vértebras son cóncavas las dos superficies articulares del cuerpo, y mas profundas que en las vértebras bicóncavas de los crocodilos extinguidos; el arco neural está anquilosado con el cuerpo, sin la menor señal de sutura, como sucede en los mas de los lagartos; de él parten, de cada ángulo de su base, anchas cigapófisis, con una superficie articular plana. Las vértebras de los rincosauros, exceptuando su estructura bicóncava, se asemejan á las de los recientes lagartos: en la modificacion que despues se nota, presentan uno de los caractéres vertebrales de los dinosauros. En la superficie superior convexa de las cigapófisis posteriores se destaca una ancha prominencia obtusa, arqueándose á lo largo del arco neural hasta el anterior; y la parte mas elevada de dicha prominencia angular forma con la del lado opuesto una especie de plataforma. Este es un carácter que no se observa en los lagartos existentes.

El cráneo (fig. 86 A) ofrece la forma de una pirámide de

cuatro lados, comprimida lateralmente, con la cara superior arqueada hácia el ápice, que está formado por la terminacion de los premaxilares *a a*. La estrechez del cráneo, las anchas fosas temporales, limitadas posteriormente por los huesos parietales y mastoideos; el largo pedúnculo timpánico *(r)* que baja verticalmente; las grandes órbitas completas *(g)*, y la brevedad de la mandíbula superior, muy comprimida, son otros tantos caractéres lacertideos. La compresion lateral y la profundidad del cráneo, con la gran anchura de los huesos de las mandíbulas superiores é inferiores, demuestran que no pertenece á un batracio; mientras que la brevedad del hocico y su forma aplanada le diferencian del de los cocodilos. Ningun quelonio tiene el pedúnculo timpánico tan largo, tan estrecho, ó tan ligeramente suspendido de los ángulos posterior y lateral del cráneo.

Este último, sin embargo, difiere por su aspecto general del de los lacertideos existentes, asemejándose al de un ave ó de una tortuga, analogía á que contribuye la carencia de dientes. La estructura sólida de las extremidades de los premaxilares indica una semejanza en las funciones de los colmillos del Dicinodon; los premaxilares *(a)* son dobles, como en los cocodilos y quelonios; pero los mas de los caractéres esenciales del cráneo son los de lagarto. Las ramas de la mandíbula inferior se distinguen sobre todo por su gran altura; pero no se reconoce el menor vestigio de un diente en el borde alveolar del elemento dentario *(a)*. El suprangular *f*, el angular *e*, y el articular *d*, indican una mandíbula semejante á la de los lagartos.

Las indicaciones de este último son mucho mas vagas en el Rincosauro que en ninguno de los lacertideos existentes; la denticion de la mandíbula superior es mas débil aun que en el camaleon; y en la inferior, en la que son mas fuertes en dicho animal, no se descubre el menor vestigio. La semejanza de la boca con el pico comprimido de ciertas aves se desprende del arqueamiento hácia abajo de los premaxilares corvos y prolongados.

Pocos géneros hay de reptiles extinguidos en los que sea mas de desear que en el Rincosauro el medio de determinar las precisas modificaciones de las extremidades locomotivas: las anteriores eran cortas, pero parecian adaptadas para que el animal pudiera moverse en el agua lo mismo que en tierra; y el húmero tenia como la mitad del largo de la cabeza. La perfecta conservacion del cráneo nos ha permitido reconocer ligeras modificaciones de estructura que tienden á los quelonios y aves, no observadas antes.

En las areniscas que contienen el Leutopleuron, cerca de Elgin, se ha descubierto un cráneo de Rincosauro que presenta una vaga denticion maxilar, habiéndose deducido la probabilidad de que corresponda al periodo triásico.

FAMILIA—CINODONTES

Un par de dientes en cada mandíbula, que se asemejan á los otros por su forma, posicion y tamaño relativo; los caninos parecen de mamíferos carniceros, y separan á los incisivos de los molares.

GÉNERO GALESAURUS

Este género está fundado sobre el cráneo fósil de un reptil (fig. 91, 1 y 2) procedente de la arenisca de Rhenosterburgo, en el sur de Africa; cráneo cuya denticion ofrece notable semejanza con la de los mamíferos carniceros. Esto ha obligado á los autores á crear una familia para comprender á los cinodontes en el grupo de los reptiles caracterizados por su anómalo alejamiento del tipo dentario, que se reconoce en el gran órden de los saurios de Cuvier.

El cráneo del Galesaurus planiceps es deprimido y plano, como ya lo indica su nombre específico; la superficie occipital se inclina de abajo arriba, y está completamente osificado, presentando poderosas inserciones para los músculos, hallándose limitado lateralmente por protuberancias que convergen y separan á la occipital de las fosas temporales; la cresta parietal se bifurca, rodeando un orificio parietal de forma elíptica; el timpánico (28) consiste en una placa huesosa ancha, plana y convexa hácia fuera.

El arco cigomático se continúa desde el timpánico al límite post-orbital (26); es ancho, y por su curvatura comunica gran extension á las fosas donde se alojaban los músculos temporales. Las órbitas son de forma sub-triangular; el post y el pre-frontal se unen por encima de la órbita; la fosa nasal *(n)* es sencilla, terminal y vertical, hallándose limitada lateralmente por premaxilares cortos.

La mas interesante particularidad del cráneo consiste en la presencia de unos caninos bastante grandes á cada lado de las mandíbulas superior é inferior, que ofrecen entre sí la misma posicion en el cráneo que los de un mamífero carnicero. En ningun otro saurio se ven los incisivos separados de los molares por un solo canino, y en ninguno tampoco se ven tan bien marcadas las tres clases de dientes.

Los premaxilares contienen cada uno cuatro dientes de igual tamaño, con coronas sencillas mucho mas cortas que los caninos, y que avanzan un poco hácia delante, pasando frente á los incisivos mas bajos cuando la boca está cerrada; los ocho incisivos inferiores son mas estrechos que los superiores, pero la corona viene á tener la misma longitud; unos y otros se hallan en contacto ordenadamente como en los mamíferos; los caninos *(c, c)* presentan entre sí la misma posicion relativa que se observa en los mamíferos; doce dientes cónicos, compactos y comprimidos, suceden á los caninos en ambas mandíbulas, ocupando el lugar de las series molares; son casi de igual tamaño, pero mucho mas pequeños que los caninos; los de la mandíbula superior exceden exteriormente de los molares inferiores cuando la boca está cerrada; es mas que posible que podrian perforar y cortar como los de los carniceros.

Reconócese en el cráneo descrito la naturaleza del reptil por la existencia del cóndilo occipital único, asociado con el hueso frontal complexo; y las afinidades con el crocodilo se deducen de su fosa terminal sencilla. El carácter mas generalizado de saurio se indica por las series de pequeños orificios vasculares cerca del borde de las mandíbulas, así como por los agujeros parietales.

El predominio de los caninos, la aparente falta de los que debian sustituirles, y la ausencia de los vestigios que hubieran resultado á estar los caninos sujetos á la ley ordinaria de la denticion de los saurios, indican una relacion con los dicinodontes; la estructura de la region occipital, y la expansion de los arcos timpánico y cigomático, se conforman tambien con el tipo de tan singulares reptiles africanos. La anchura y aplanamiento del cráneo, y las proporciones de las órbitas y fosas temporales, recuerdan tambien la del simosauro entre los saurios especiales de los depósitos triásicos de Alemania.

GÉNERO CYNOCHAMPSA

Cynochampsa laniarius.—Este género y su especie están indicados por la extremidad superior é inferior de las mandíbulas, halladas en la misma formacion y localidad donde se descubrieron las del Galesauro. La parte examinada basta para reconocer que el hocico seria mas ó menos estrecho en su extremidad, que presentaria un corte trasversal cilíndri-

co, como en el Teleosauro: una serie de dientes pequeños, y semejantes por su tamaño á los incisivos, está separada de los demás por un par de caninos en la mandíbula superior y en la inferior, tan notables por su dimension como los del Galesauro; pero en vez de seguir á estos caninos pequeños dientes molares, hay un espacio vacío que se extiende hasta la parte conservada; espacio igual, por lo menos, á dos veces la anchura de la corona del canino superior.

Las posiciones relativas de los incisivos y caninos eran casi las mismas que en los galecinos. La fosa nasal es sencilla, de forma ovalada, limitando su abertura por abajo los premaxilares y en la parte superior los nasales. La extremidad de la mandíbula superior se ensancha ligeramente, lo mismo que en el Teleosauro.

ÓRDEN VI—TEROSAUROS

Miembros pectorales adaptados para el vuelo, por la prolongacion del antebrazo y del quinto dedo; vértebras procelianas; las del cuello muy anchas, y las de la pélvis pequeñas; los mas de los huesos son neumáticos; cabeza ancha; mandíbulas largas y armadas de dientes.

Las especies de este órden de reptiles fueron peculiares del período mesozóico y se han extinguido ya. Aunque algunos representantes del órden se asemejaban á las aves por su forma ó por carecer de dientes, aquellos de que tratamos ahora, ofrecen mas íntima analogía con los séres revestidos de pluma, por su textura y el carácter neumático de los mas de los huesos, así como por el desarrollo de los miembros pectorales, apropiados para el vuelo (fig. 92), Esto es debido á una prolongacion de los huesos antibraquiales, y mas especialmente á la longitud de los huesos metacarpianos y falángicos del quinto dedo, cuya última falange termina en punta (fig. 92); los otros dedos eran del tamaño ordinario y remataban en garras; el número de las falanges es progresivo desde el primero al cuarto dedo, que ofrece el mismo carácter del de los reptiles. El húmero presenta caractéres intermedios entre los de aquella clase y los del crocodilo. Todo el sistema óseo se modifica con relacion á las alas; los huesos son ligeros, huecos, y los mas de ellos provistos de células aéreas, con delgados tabiques exteriores; el escapular y el coracoides son largos y estrechos, pero fuertes; el esternon ofrece el aspecto de una quilla que se continúa hácia adelante, mas allá de las cavidades para el coracoides; el cuerpo del hueso se ensancha en forma de disco semicircular, ligeramente convexo. Las vértebras del cuello son pocas comparadas con las de las aves; pero grandes y fuertes, para sostener una cabeza voluminosa, provista de largas mandíbulas armadas de agudos dientes, aunque bastante ligera por las aberturas que ofrece. Las vértebras del dorso, bastante pequeñas, son mas numerosas que en las de las aves, contándose en algunas especies diez y siete, inclusas una ó dos lumbares; las del sacro, pequeñas tambien, figuran en número de tres á siete; pero la pélvis es débil; los miembros posteriores indican un sér incapaz de sostenerse derecho, ni de andar como un ave. Los terosauros pueden haber sido tan buenos nadadores como voladores: las alas consisten en membranas recogidas; la piel del cuerpo es aparentemente suave, no habiéndose encontrado ningun vestigio de escamas, pelos ó plumas en la formacion litográfica mas rica en restos tilodáctilos, en la cual se conservan sin embargo los mas delicados tendones y láminas escleróticas del ojo. El atlas consiste en un cuerpo discoideo y dos delgadas neurapófisis; el centro del eje es diez veces mas largo que el del atlas con el cual se une últimamente. En cada vértebra hay grandes orificios neumáticos; el arco neural ó medular es confluente con el cuerpo; las costillas anteriores tienen una extremidad bifurcada: la dentición es tecodontida.

Una especie de terodáctilo, procedente de la caliza litográfica de Baviera, y que no tiene aparentemente sino dos falanges en el dedo del ala, representa una familia (diarthri), y el género ornitopro en el sistema de Von Meyer. El número normal de falanges en este dedo característico del terosauro es de cuatro: el hueso metacárpico varía de longitud en diversas especies; en el P. longirostris tiene mas de dos terceras partes del largo de la primera falange, mientras

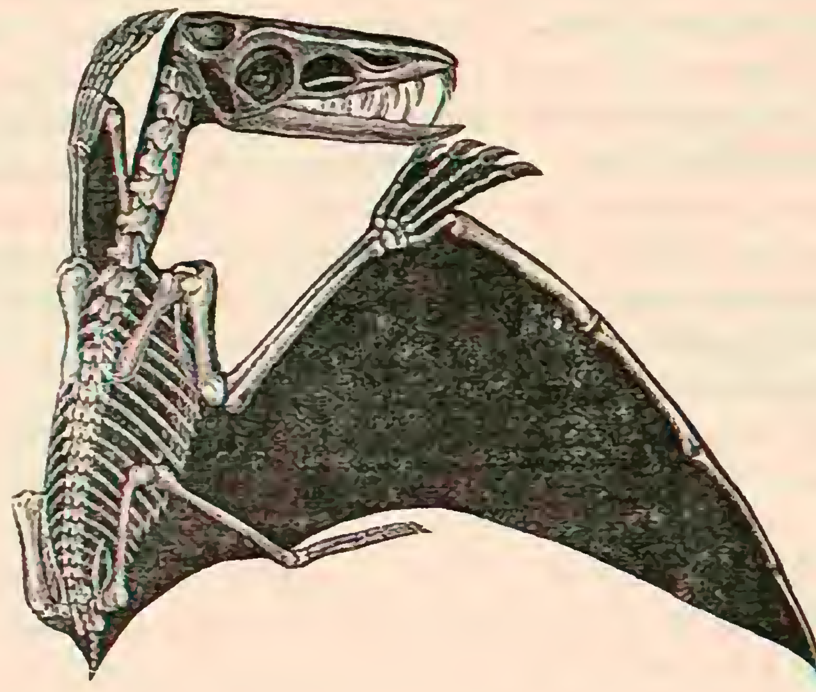


Fig. 92.—ESQUELETO FÓSIL DEL PTERODACTYLUS CRASSIROSTRIS

que en el P. Gemmingi no alcanza á una quinta parte de la longitud de la falange que sostiene. Otros restos se indican por nombres específicos, tales como macronyx (largas uñas), micronyx (pequeñas uñas), crassipes (piés gruesos), longipes (piés largos), longirostris, brevirostris, crassirostris, scolapiceps y simus, que se refieren á las diversas formas de la cabeza; y medius, grandis, vulturinus y giganteus, que corresponden al tamaño del cuerpo, etc. Los caractéres adoptados aquí para los géneros de terosauros están tomados del sistema dentario.

GÉNERO DIMORPHODON

Dimorphodon macronyx.—En esta especie, procedente del lias inferior de Dorsetshire, los dientes son de dos clases; algunos de la parte anterior de las mandíbulas son largos, anchos y puntiagudos, su base es completamente elíptica; detrás de ellos existe una serie de otros comprimidos, cortos, muy pequeños y en forma de lanceta. En un ejemplar descubierto en Lime Regis, el cráneo tiene ocho pulgadas de largo, y la expansion de las alas es de unos cuatro piés: no se han encontrado pruebas de que esta especie tuviera cola larga.

GÉNERO RAMPHORINCHUS, *Von Meyer*

En este género se observa que la parte anterior de las mandíbulas carece de dientes; puede haber estado revestida de un pico córneo; pero detrás se ven cuatro ó cinco dientes grandes y largos, seguidos de otros pequeños: la cola es larga, rígida y delgada.

Las especies Ramphorinchus longicaudus, R. Gemmingi y R. Munsteri pertenecen á este género: todas proceden de las calizas litográficas de Baviera pertenecientes al jurásico medio.

GÉNERO PTERODACTYLUS, *Cuvier*

Las mandíbulas están provistas de dientes hasta sus extremidades; todos ellos son largos, delgados y puntiagudos: la cola es muy corta.

Cuéntanse otras especies, entre las que citaremos las siguientes: Pt. longirostris, Oken.—Diez pulgadas de largo; procedente de la caliza litográfica de Pappenheim. Pt. crassirostris, Goldf.—Mide un pié de largo, y se encuentra en la misma localidad (fig. 92). Pt. Kochii, Wagner.—Tiene ocho pulgadas de longitud y es de las calizas litográficas de Kehlhem. Pt. medius, Munster.—Diez pulgadas de largo; de la misma formacion en Menlenhard. Pt. grandis, Cuvier.—Catorce pulgadas de largo: de las calizas litográficas de Solenhofen. Otros dos pequeños terodáctilos, probablemente no desarrollados aún, que se caracterizaban por su cráneo voluminoso, mandíbulas cortas y esternon sin osificar, fueron comprendidos como especies con el nombre de Pt. brevirostris y Pt. Meyeri: en este último se ve el circo de las placas escleróticas.

Los restos de un terodáctilo procedente de la caliza de Stonesfield (Inglaterra), designado comunmente con el nombre de Pterodactylus Bucklandi, indican una especie que viene á tener el tamaño de un cormoran; pero una porcion correspondiente á la mitad de una mandíbula hallada en la misma localidad, y que mide cerca de seis pulgadas de largo, supone una especie mucho mas grande: la corona de uno de los dientes tiene una pulgada y dos líneas de largo, por cuatro líneas de anchura en la base.

Los restos de terodáctilos encontrados en el horizonte weáldico indican especies cuyo cuerpo podia tener unas diez y seis pulgadas: las especies Pt. Fittoni, Pt. Sedgwickii y Pt. simus, procedentes de la arenisca verde superior, cerca de Cambridge, que tienen las vértebras del cuello de dos pulgadas de longitud, y el húmero de tres, estaban provistas probablemente de un ala de diez y ocho á veinte piés. Las especies Pt. Cuvieri y Pt. compressirostris, de la creta de Kent, alcanzaban dimensiones muy poco inferiores á las de los terodáctilos de la arenisca verde.

Por lo que hace á la distribucion de este notable órden de reptiles voladores en la época geológica, el mas antiguo terodáctilo conocido es el Dimorphodon macronyx, del lias inferior; pero se han descubierto otros huesos en el de Wurtemberg. El que sigue en edad es el Dimorphodon Banthensis, del posidonomyen-schiefer de Baviera; despues figura el Pt. Bucklandi, de la oolita de Stonesfield; y, por último, cuéntanse las numerosas especies de terodáctilos, primeramente descritas, y procedentes de la pizarra litográfica del terreno oolítico medio de Alemania y Cirin (Ródano). Los terodáctilos de la formacion weáldica no son todavía conocidos sino por algunos huesos y fragmentos óseos. Las mas grandes especies descubiertas son las de la arenisca superior de Cambridge. Los terodáctilos de la creta de Kent, muy notables tambien por su gran tamaño, constituyen las últimas formas de reptiles voladores conocidas en la historia terrestre.

ÓRDEN VII—TECODONTIDOS

CARACTÉRES.—Cuerpos vertebrales bicóncavos; costillas del tronco largas y arqueadas, teniendo las anteriores bifurcada una de sus extremidades; sacro de tres vértebras; miembros ambulatorios; fémur con un tercer trocánter; dientes que tienen la corona mas ó menos comprimida, aguda, con bordes cortantes y finamente aserrados; encajan en alvéolos bien distintos.

GÉNERO THECODONTOSAURUS

Thecodontosaurus antiquus.—En 1836 fueron descritos por Riley y Stutchbury varios restos de reptiles descubiertos en el conglomerado dolomítico de Redland, cerca de Bristol: atribuyéronse los principales al período pérmico; pero algunos buenos observadores opinan que solo datan del triásico.

Los dientes de estos reptiles fósiles encajan en alvéolos bien marcados, y están dispuestos en series compactas que disminuyen de tamaño hácia la parte posterior de la mandíbula; en cada lado de la inferior se cuentan veintiuno de dichos órganos; son cónicos, algo delgados, comprimidos y agudos con un borde finamente dentado; la superficie externa es mas convexa que la interior; el ápice se encorva ligeramente; la base de la corona se contrae un poco para formar el colmillo, que es cilíndrico.

GÉNERO PALÆOSAURUS

En la misma formacion que contenia los restos del Tecodontosauro se hallaron otros dos dientes, que diferian de los anteriores, y tambien entre sí; la corona de uno de ellos media nueve líneas de largo por cinco de ancho. Este diente es comprimido, agudo, con bordes cortantes; pero su ancho, comparado con el largo, excede tanto en dimension á la que ofrece el mismo órgano del Tecodontosauro, que sobre él se ha fundado el género Paleosauro, distinguiéndole con el nombre específico de platiodon, del segundo diente, que se atribuye al mismo género con el calificativo de Palæosaurus cylindrodon. La porcion del diente de este último, que se ha conservado, indica que la corona es muy comprimida; tiene cinco líneas de largo, y dos de anchura en la base.

Las vértebras asociadas con los dos dientes antes descritos son bicóncavas, y las cavidades articulares mas marcadas que en el Teleosauro; pero distínguense sobre todo por la profundidad del canal espinal en el centro de cada vértebra, siendo además mas ancho en medio que en las dos extremidades, estructura análoga á la que ofrecen las vértebras dorsales del Rincosauro.

Además de distinguirse de los lagartos existentes por la denticion tecodontea y las vértebras bicóncavas, los saurios del conglomerado dolomítico, difieren asimismo por tener algunas de sus costillas articuladas por una cabeza y un tubérculo á dos superficies de las vértebras, como en la parte anterior del pecho de los crocodilos y los dinosauros. Algunos fragmentos de huesos indican vagamente que el arco pectoral se desviaba del tipo del crocodilo, asemejándose mas al lacertídeo, por la presencia de una clavícula y la forma complicada del coracoides. El húmero parece haber tenido poco mas de la mitad del largo del fémur, y reconócese que se ensanchaba en ambas extremidades como en el Rincosauro. El fémur es sobre todo notable por presentar un tercer trocánter; los cóndilos son aplanados y el exterior mas grande, viéndose entre ellos una cavidad ó depresion.

La tibia, el peroné y el metatarso indican, así como el fémur, la facultad de estos saurios para andar por tierra. Las falanges ungueales, comprimidas, encorvadas hácia abajo y puntiagudas, ofrecen á cada lado un canal sinuoso.

Del conocimiento que tenemos ahora de la osteología del Tecodontosauro y del Paleosauro se pueden deducir las siguientes conclusiones: por su denticion del tipo tecodontino, sus vértebras bicóncavas, sus costillas unidas, y el tamaño proporcional de los huesos de las extremidades, tienen analogía con ciertos crocodilos; pero con dichos caractéres se

combina un fémur de Dinosauro, dientes de forma lacertídea, así como la estructura del pectoral, y probablemente del arco pelviano. Seria interesante averiguar si las vértebras caudales se caracterizan, como en el Protorosauro de Turingia, por un doble aparato espinoso.

GENERO BELODON, *Von Meyer*

El reptil procedente de la arenisca blanca superior de Wurtemberg, descrito por Plieninger, presenta en sus caracterés esenciales tanta afinidad con los saurios tecodóntidos del conglomerado de Bristol, que hace mas probable que pertenezca como ellos al mismo período mesozóico. En el Belodon hay tres vértebras modificadas de tal modo, que constituyen un enlace apropiado para los huesos iliacos; el fémur ostenta el tercer trocánter, que indica la misma afinidad con el Dinosauro que los teocodontes ingleses.

GENERO CLADIODON, *Owen*

Cladiodon Lloydii. — En la *Memoria* sobre las areniscas rojas triásicas de Warwick, publicada por Murchison y Strickland en 1840, se figuró un diente fósil, sumamente raro en aquellas formaciones inglesas.

Habiendo tenido luego ocasion de estudiar este fósil, juntamente con fragmentos de otros dientes, al parecer de la misma especie y de dicha formacion, el autor reconoció la afinidad del reptil que los poseia con los teocodóntidos del conglomerado de Bristol, y quiso indicar lo que parecia ser una modificacion genérica de la forma dentaria, aplicando el nombre de Cladiodon. Otros dientes recibidos despues, que caracterizan este género, se distingnen por tener dos bordes mas ó menos cortantes y forma comprimida; los lados son algun tanto convexos, y la corona se arquea ligeramente hácia la cavidad de la boca; algunas veces afectan la forma de lanceta, por la convergencia de los bordes hácia la punta, ó por ser uno de aquellos cóncavos y el segundo convexo; casos hay en que la punta es obtusa á causa del uso. La capa de esmalte, muy ténue y lisa, permite ver, con auxilio del microscopio, una ligera estría longitudinal, que forma arrugas; en la base del diente se distingue una cavidad. Estos dientes indican un saurio como de diez piés de longitud.

El autor no ha podido reconocer ninguna marcada diferencia genérica, ni aun específica, entre los dientes del Cladiodon de la arenisca de Warwich y los del Belodon de la misma formacion de Wurtemberg. Ambos son casi afines á los teocodontes del conglomerado de Bristol.

Los dos géneros siguientes se han considerado como correspondientes al órden de que tratamos.

GENERO BATHYGNATUS, *Leidy*

Bathygnatus borealis.—Afine al Cladiodon, por la figura de los dientes, es el saurio procedente de la nueva arenisca roja de la isla del Príncipe Eduardo, en la América del Norte, habiendo deducido el Dr. Leidy los caractéres genéricos y específicos de una porcion de la mandíbula inferior que contenia siete dientes; pero debian haberse perdido otros, porque habia varios alvéolos vacíos. La altura del hueso dentario es de cinco pulgadas, particularidad que sugirió el nombre genérico *bathus*, profundo, y *gnatos*, mandíbula.

El fósil fué descubierto á la profundidad de veintiun piés, en una arenisca roja que se supone ser de la misma edad que la de Connecticut, tan notable por las diversas y singulares huellas atribuidas, unas á reptiles y otras á grandes aves.

GÉNERO PROTOROSAURUS, *Von Meyer*

Protorosaurus de Spener. — El primer saurio fósil que se recuerda es el que indica la circunstancia por su nombre genérico, honrando al autor con el especifico. La pizarra cobriza de los horizontes pérmicos de Eisenach, en Turingia, presenta en fósiles ó impresiones, el cráneo, la columna vertebral y los huesos de los piés anteriores del reptil en cuestion, restos que fueron descritos y figurados por Spener, médico de Berlin, en 1710. El ejemplar original existe ahora en el Museo del Colegio Real de cirujanos de Lóndres, donde forma parte de la coleccion de fósiles, habiéndose obtenido en una mina de cobre, cerca de Eisenach, á la profundidad de cien piés.

En 1718 fué descrito por Link un segundo ejemplar, que conservaba las dos extremidades anteriores, una posterior, y parte del tronco. Cuvier presentó una copia de otros dos ejemplares en su obra sobre los huesos fósiles.

Reconócese la clara inteligencia de Spener y su talento profundo en las conclusiones que dedujo de la buena conservacion de sus fósiles, y del hecho de estar asociados con ellos otros restos de peces, y hasta de delicadas hojas de plantas, perfectamente conservadas tambien. Estas conclusiones bastaron para rebatir los argumentos de los que sostenian que dichos fósiles simulaban solo restos de organismos que nunca existieron, alegando que eran debidos á la fuerza plástica. La única duda de Spener era la de si el reptil habia sido un crocodilo ó un lagarto; pero inclinábase á esta segunda suposicion por las proporciones de la cabeza y el tronco.

La cabeza iguala por su longitud á una tercera parte de la del cuello y tronco, asemejándose por su forma á un cono prolongado y obtusamente agudo; tiene fuertes mandíbulas rectas, provistas de dientes muy agudos, cónicos, derechos é iguales, contándose unos diez y ocho en cada lado de la mandíbula superior, y diez y seis respectivamente en la inferior, todos ellos encajados en sus respectivos alvéolos. A un pequeño y breve atlas suceden seis vértebras cervicales, notables por su tamaño y solidez; la cuarta tiene casi una tercera parte del largo de la mandíbula inferior; la sexta y séptimas son mas cortas, y la octava sostiene una costilla del mismo grueso de las del tronco. En el ejemplar de Spener se ve entre la séptima cervical y las vértebras sacras, otras quince ó diez y seis que tienen como la mitad del largo de las del cuello; consérvanse asimismo veintiuna caudales; pero los ejemplares de Link, despues adquiridos, indican que el número excedia de cuarenta. Así las extremidades anteriores como las posteriores son pentadáctilas; las primeras mas cortas que las últimas, ofreciendo entre sí las proporciones de las de los lagartos monitores; pero los huesos son proporcionalmente mas gruesos y fuertes. Cuéntanse ocho carpianos y seis tarsianos; los dedos de las extremidades anteriores presentan cuatro huesos, y los de las posteriores cinco.

De los reptiles existentes, el gran monitor (varanus hydrosaurus) es el que ofrece mas semejanza con el Protorosauro, que evidentemente tenia la misma facilidad para moverse en el agua y en tierra; pero este antiguo lagarto estaba provisto de un armazon mas poderoso y complejo. El cuello es mas largo y fuerte; las vértebras rivalizan por sus proporciones con las de los terodáctilos; la cabeza es relativamente mas grande, y los dientes mas sólidos. El sacro, mayor tambien, conviene con los fuertes miembros posteriores, recono-

ciéndose mas vigor en los músculos, sobre todo en los de la cola; pudiendo deducirse de la largura y fuerza de esta parte, y de las proporciones de las extremidades posteriores, que el Protorosauro tenia costumbres acuáticas; que el vigor del cuello y de la cabeza, y los agudos dientes le permitian defenderse de los activos peces que formaron parte del depósito de Turingia.

En Elgin (Escocia) se han descubierto restos de reptiles saurios, característicos del período triásico, en una fina arenisca blanca, cementada por carbonato de cal, que existe entre los terrenos devónicos y del Purbeck. Los restos de un gran reptil, allí encontrados, cubiertos de escamas dérmicas, fueron atribuidos primeramente por Agassiz á un género de peces que designó con el nombre de stagonolepis; pero reconocióse despues que las escamas eran de crocodilo, demostrándose la afinidad del reptil con los tecodontes.

En la misma arenisca, en la cantera de Cumminstone, cerca de Elgin, se ha descubierto una serie continuada de treinta y cuatro huellas, que parecen apareadas, formando dos líneas paralelas; las impresiones posteriores tienen una pulgada de diámetro.

ÓRDEN VIII — DINOSAURIDOS

CARACTERES. — Vértebras cervicales y dorsales anteriores, provistas de apófisis, que se articulan con costillas bifurcadas; vértebras dorsales con apófisis medular plana; existen mas de dos vértebras sacras; el cuerpo se apoya en cuatro fuertes extremidades unguiculadas.

Las bien osificadas vértebras, y los grandes huesos de las extremidades de los reptiles teocodontes del conglomerado de Bristol, juntamente con la estructura de las vértebras sacras del género afine Belodon, indican el principio, en el período triásico, de un órden de reptiles que adquirieron su completo desarrollo y caractéres típicos en el jurásico.

GÉNERO SCELIDOSAURUS

Los restos mas antiguos de un verdadero Dinosauro son los en que se funda el presente género; y consisten en una gran parte del esqueleto de un reptil herbívoro terrestre, descubiertos por M. Harrison, de Charmonth, en el piso superior del lias inferior, en dicha localidad. El cráneo presenta cortas y anchas fosas temporales, y órbitas limitadas superiormente por los huesos post-frontal, super-orbital y pre-frontal; ambas mandíbulas están cruzadas por una protuberancia longitudinal; los dientes superiores pasan por fuera de los inferiores cuando la boca está cerrada; son bastante iguales y encajan en grandes alvéolos. El fémur es largo con una cavidad medular ancha; la tibia y el peroné se articulan con los cóndilos del fémur; las extremidades posteriores llevan cuatro dedos provistos de unas garras obtusas, anchas y deprimidas; el número de huesos en cada dedo del pié es de cuatro; el quinto dedo aparece reducido á un rudimento del metatarso.

GÉNERO MEGALOSAURUS

Los verdaderos caractéres de este reptil quedaron establecidos por el descubrimiento del sacro, que se compone de cinco vértebras, en las que alternan el arco medular y el cuerpo; las superficies articulares de las vértebras libres son casi planas; el arco neural es plano, sirviendo de apoyo en las dorsales anteriores á largas y fuertes espinas.

La forma comprimida y cortante de los dientes que caracterizan á los actuales lagartos varanos, se manifestaba ya en el Megalosauro. El ejemplar en que mejor se reconocen las particularidades dentarias de este reptil gigantesco, consiste en una parte de la mandíbula inferior provista de algunos dientes, hallada en la caliza oolítica de Stonesfield. El primer carácter que llama la atencion en este fósil es la desigualdad de altura de las paredes alveolares exterior é interior, carácter que se observa asimismo en las mandíbulas de casi todos los lagartos existentes; pero en estos se ve que la cavidad oblicua en que está anquilosada la base de los dientes desarrollados es mucho mas profunda, y relativamente mas ancha.

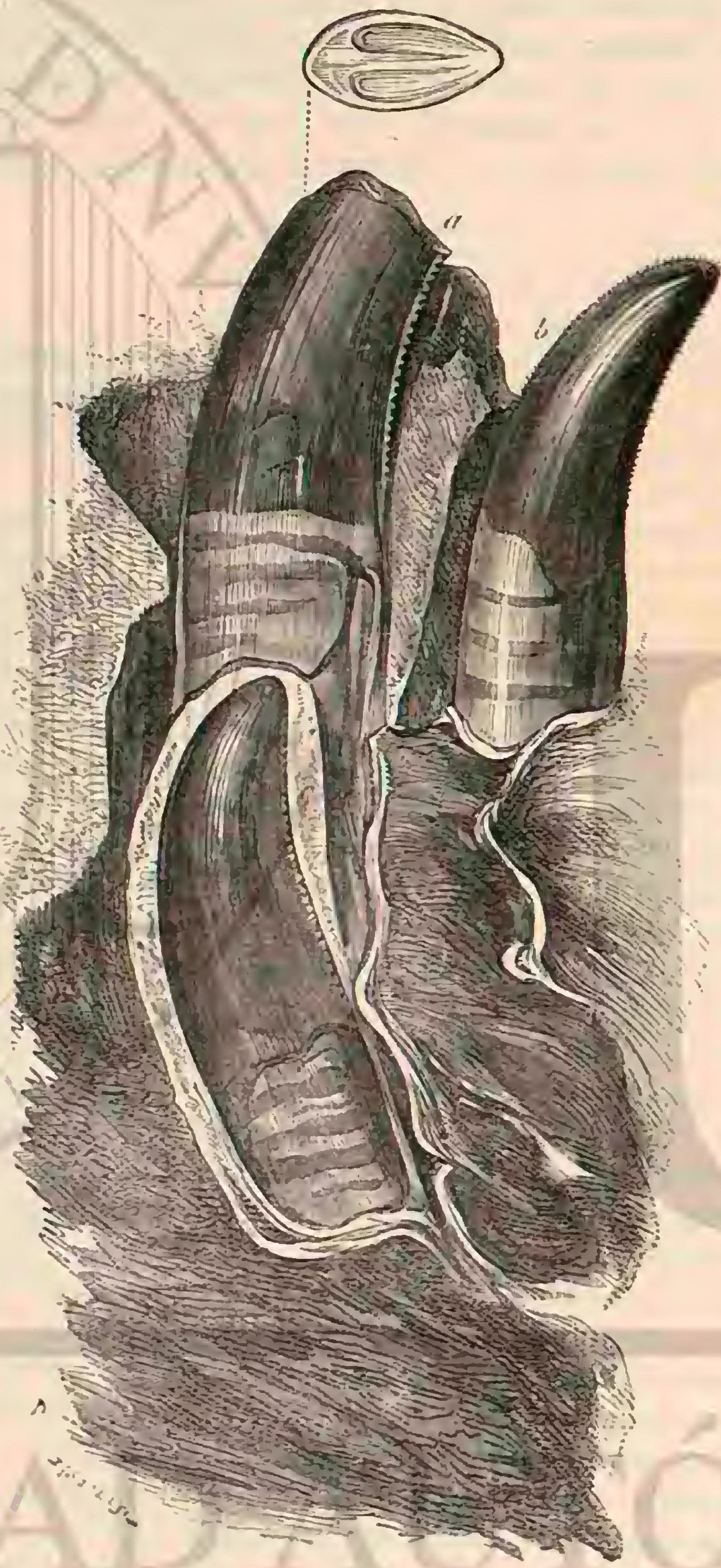


Fig 93. — PORCION DE LA MANDÍBULA DEL MEGALOSAURO BUCKLANDI

En el Megalosauro se observa que el gran desarrollo relativo de la pared alvéolar interior, comparado con el de igual parte de la mandíbula de los saurios existentes, profundiza mas el surco dentario, cubriendo una gran porcion de la base de los dientes, además de ocultar casi completamente los gérmenes de los sucesivos; los alvéolos, bastante marcados, se forman por divisiones huesosas que unen el tabique alvéolar interno con el exterior; estas divisiones se elevan en forma de placas óseas verticales triangulares, que se corren formando S, S, á lo largo del lado interior de los alvéolos.

La figura 93 representa una porcion de otra mandíbula del Megalosauro, procedente asimismo de la oolita de Sto-

nesfield. La letra *c* señala el gérmen de un nuevo diente que sucederá al antiguo *a*, que está roto y junto al cual se ha formado casi otro *b*. En estos dientes se ve la forma de la corona, que es muy comprimida, ligeramente encorvada, de bordes afilados y puntiaguda; la mitad inferior es mas gruesa hácia el borde anterior; la corona está cubierta de un esmalte liso, que forma los dientes marginales. La base de los dientes se halla revestida de un cemento suave, de color pálido, que constituye una delgada capa, algo mas gruesa hácia la extremidad; el cuerpo principal del diente se com-



[*Fig. 94* —HYLÆOSAURO

pone de dentina, de esa materia dura que constituye la misma parte del órgano en los actuales crocodilos y en los mas de los mamíferos. En los dientes marginales, examinados atentamente, se ve que las puntas se dirigen hácia el ápice, disposicion muy apropiada para dividir los tejidos del tegumento del saurio.

En el Museo Británico y en el de Oxford se conservan colecciones de dientes de megalosauros de distintas edades; y aunque difieren por su tamaño, ofrecen todos su forma característica. En un ejemplar, la punta de la corona y los bordes cortantes habian quedado reducidos á una superficie lisa y obtusa; pero esto se observaba solo en la parte posterior de la serie dentaria, donde los órganos podian ser mas pequeños y menos agudos, ó mas susceptibles de gastarse en el imperfecto acto de la masticacion.

Por la proporcion de los dientes sucesivos que se forman en la cavidad de la sustancia de la mandíbula, el Megalosauro ofrece mas semejanza con la clase de los mamíferos que ninguno de los recientes y extinguidos crocodilos, ó reptiles lacertídeos. Pero la evidencia de la no interrumpida y frecuente sucesion de los dientes en el Megalosauro es inequívoca; y esta parte de la economía dentaria del gran reptil carnívoro se puede considerar como estrictamente análoga á la que rige el mismo sistema en los individuos existentes de la clase. Las diversas formas de los dientes en los distintos períodos de crecimiento no dejaron de llamar la atencion del sabio descubridor del gran saurio, que al hacer su descripcion decia entre otras cosas:

«En la estructura de estos dientes vemos una combinacion de detalles mecánicos análogos á los que ofrece la construccion del cuchillo, del sable y de la sierra: cuando primeramente asoman sobre la encía, el ápice de cada uno presenta un doble borde cortante de esmalte aserrado; en tal caso, su posicion y funciones son casi verticales, siendo su forma semejante á la de la punta de un sable de dos filos que cortara igualmente por ambos lados. Segun avanza el diente, encórvase hácia atrás, como una podadera, y el borde del esmalte aserrado se continúa hácia abajo hasta la base del lado interior y cortante del diente, sucediendo lo mismo en el exterior; mientras que la porcion convexa adquiere mas grosor y llega á ser obtusa, como en el dorso de un cuchillo, al que se da mas espesor á fin de producir mayor fuerza. Si los dientes se hubieran continuado á lo largo de la porcion convexa de la encía, no habrian tenido bastante fuerza cortante; pero cesaban precisamente en el punto mas allá del cual no podian ya producir efecto. En un diente así formado, cada movimiento de la mandíbula combinaba el efecto del cuchillo y de la sierra; mientras que el ápice al practicar la primera incision actúa como los dos bordes de la punta de un sable.»

Las capas mas primitivamente conocidas en que se descubrieron restos de Megalosauro son las oolitas inferiores de Selsby Hill y Chipping-Norton, en Gloucestershire; en la pizarra de Stonesfield, en Oxford, se encuentran tambien otros restos tan abundantes como característicos; en la oolita de Conbrash y de Bath se han hallado igualmente dientes del género. Así estos últimos como los huesos, son comunes en el horizonte weáldico y en la caliza de Purbeck. Varios de estos fósiles indican un reptil al menos de treinta piés de largo.

GÉNERO HYLÆOSAURUS

Hasta aquí no se han encontrado sino en el weáldico restos del Dinosauro que se designó con este nombre. Los restos mas instructivos fueron los encontrados por los canteros de Wealden, en Tilgate, y descritos por Mantell en 1832: en una masa de piedra que media cuatro y medio piés de largo por dos de ancho (fig. 94), halláronse varias partes del esqueleto, casi en su posicion natural, á saber: 10 vértebras anteriores, la primera con una porcion de la base del cráneo; varias costillas 4, 4; algunas espinas óseas muy grandes, 5, 6, 6, que presentaban una sólida cresta defensiva á lo largo del dorso; dos coracoides, 7, 7; una escápula, 8, 8; varias vértebras desprendidas, y fragmentos de huesos. En 1841 demostró el autor que el sacro era de Dinosauro y contenia cinco vértebras. Los dientes son comparativamente pequeños y compactos, con la corona muy comprimida y ligeramente encorvada; los bordes de la mitad apicial son rectos y convergen hácia el ápice obtuso, y no dentado, como en el Scelidosaurus, indicando un sér que observaba el régimen vegetal mas bien que el animal. La piel estaba protegida por placas óseas sub-circulares: el Hileosauro podia tener de veinte á veinticinco piés.

GÉNERO IGUANODON

En la formacion weáldica y en el horizonte neocómico se han hallado restos de los grandes reptiles herbívoros de este género, consistentes en varios huesos de cuatro piés de largo,



Fig. 95.—SURCOS MARGINALES DEL DIENTE DEL IGUANODON



Fig. 96.—DIENTE DESGASTADO DEL IGUANODON

en uno de los cuales se veia el tercer trocánter interior; el sacro comprendia cinco ó seis vértebras; los huesos de las extremidades anteriores eran anchos, planos y obtusos; y no se veian sino tres dedos bien desarrollados en las posteriores. En Wealden se han reconocido grandes impresiones tridáctilas, que se conjetura sean del Iguanodon.

Vértebras convexas en la parte anterior del cuello, y cóncavas en el resto del tronco; arcos neurales ensanchados; costillas doblemente articuladas, de muy complicada estructura en la region sacra; arco pectoral del tipo lacertídeo; y grandes huesos en las extremidades posteriores, propias para la progresion terrestre, son los caractéres del Iguanodon, que se distingue además por sus dientes, semejantes en la forma á los de la iguana, aunque no tanto como á los del Scelidosaurus; su estructura difiere, no obstante, de la que se observa en todos los demás reptiles conocidos, é indica la primitiva existencia en el órden de los dinosauros, de un representante gigantesco del reducido grupo de lagartos actuales que subsisten con el régimen vegetal.

La importante diferencia que los dientes presentan en la forma de la superficie masticadora fué indicada por Cuvier, de cuya descripcion hizo un resúmen el Dr. Mantell en su *Geologia de Sussex*, publicada en 1827. La combinacion que ofrecian los caractéres de las diferencias dentarias con los de las vértebras y de las costillas, los cuales prueban que el Iguanodon no ha pertenecido al mismo grudo de saurios en que se comprende la iguana y otros modernos lagartos, hacia mas de desear que se averiguara por los medios de investigacion conocidos las relaciones que existian en este punto entre el Iguanodon y la iguana. Esto es lo que hizo el autor en su descripcion general de los dientes de los reptiles, de la que tomamos los siguientes detalles.

Los dientes del Iguanodon (fig. 95), aunque muy semejantes á los de la iguana, no constituyen una exacta imágen de ellos, sino que difieren en el mayor grueso relativo de la corona, en su mas complicada superficie externa, y sobre todo en la modificacion de la estructura interior, por la que el Iguanodon se aleja igualmente de los demás reptiles conocidos.

Como en la iguana, la base del diente es prolongada y contraida; la corona se ensancha, y presenta como unos bordes nudosos; cuando se forma primeramente es aguda y comprimida, y una superficie, la externa en la mandíbula superior y la interna en la inferior, está cruzada por una estría longitudinal, cubriéndola una capa de esmalte; pero fuera de este carácter, el diente del Iguanodon indica otros peculiares al género. Dicha estría se marca mas en los dientes de la mandíbula superior, llevando á cada lado una ó dos estrías mas, separadas entre sí y de los bordes aserrados de la corona, por anchos surcos longitudinales. Los dientes de los bordes, que á primera vista parecen simples nudos, como en la iguana, preséntanse bajo la forma de líneas nudosas transversales cuando se examinan con la lente (fig. 98). La base de la corona se contrae luego, se redondea y arquéase ligeramente.

Los restos del Iguanodon no se encuentran solo en el horizonte weáldico de las diversas localidades de Inglaterra y Alemania, sino que se hallan tambien en la arenisca verde superior cerca de Cambridge y en las inmediaciones de Maidstone.

En las series cretáceas desaparecen todos los vestigios de reptiles dinosauros.

ÓRDEN IX—CROCODÍLIDOS

CARACTERES.—Dientes dispuestos en una sola serie, que encajan en alvéolos distintos; fosas nasales externas sencillas y terminales; vértebras anteriores del tronco con diapófisis y costillas bifurcadas; dos vértebras sacras, sosteniendo cada una su arco neural; este último suele estar articulado por sutura; piel protegida por placas óseas.

Los reptiles extinguidos de este órden han dejado restos de su naturaleza, de los cuales no se habria podido formar idea por las pocas formas existentes. Se han reconocido nada menos que tres modificaciones bien marcadas en las articulaciones de las vértebras en el hueso dorsal de los grandes crocodilos.

En una familia se observa que las dos superficies articulares del cuerpo vertebral son cóncavas, como se indica en la figura 97, 1, para cuya forma se adoptó el nombre de anficelia; en otra familia la superficie anterior (2, *a*) es convexa, y la posterior, *b*, cóncava, modificacion que se expresa por

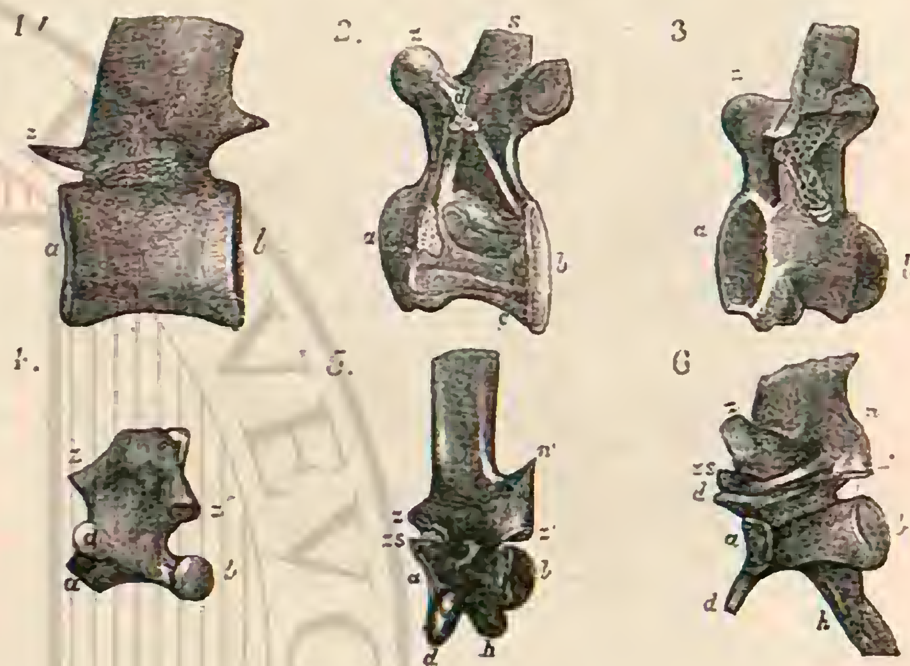


Fig. 97

1 Teleosaurus brevirostris, Ow.; Lias superior de Whitby
2 Streptospondylus Cuvieri, V. M.; Oolita superior de Honfleur
3 Crocodilos toliapicus, Cuv.; Eoceno de Sheppy
4 Dolichosaurus longicollis, Ow.; Caliza de Sussex
5 Palæophis toliapicus, Ow.; Eoceno de Sheppy
6 Laophis Crotaîlodes, O.; Terciario de Salónica

el término opisthocœlia; y en una tercera familia, la superficie anterior (3, *a*) es cóncava y la posterior convexa, lo cual se indica por la denominacion procælia. Todos los crocodilos terciarios existentes son procelianos: la cigapófisis, *z*, marca la parte anterior de las vértebras por el aspecto interior de la superficie articular.

SUB-ÓRDEN I—ANFICELIOS

Desde el lias inferior han existido crocodilos semejantes, por su forma general, á la especie de largas mandíbulas del Gánges llamado gavial ó garrial.

Sus dientes eran análogamente largos, delgados y agudos, propios para retener la presa; y su esqueleto ofrecia la modificacion conveniente para la vida acuática del animal, siendo la superficie de las vértebras ligeramente cóncava, y los miembros posteriores relativamente mas grandes y fuertes. Por la naturaleza de los depósitos que contienen los restos de estos crocodilos así modificados, se reconoce que eran marinos. Los fósiles procedentes del lias de Whitby, descritos y figurados en las *Transacciones filosóficas*, constituyen el tipo de estas especies, que han sido agrupadas con diversos nombres genéricos, tales como teleosauro, steneosauro, dacosauro, macrospondilo, pelagosauro, sucosauro, etc., y están distribuidas desde el lias hasta la creta inclusive.

El sucosauro de Wealden se caracteriza por la corona comprimida de los dientes y sus bordes cortantes; otra especie, el goniofolis, de la formacion de Purbeck, se distingue por algunas escamas dérmicas, que ofrecen la misma estructura que las de un pez ganoideo en la fig. 69.

SUB-ÓRDEN II—OPISTOCELIOS

El reducido grupo de crocodilos designado con este nombre es artificial, y está basado en la estructura de las vértebras anteriores del tronco, que difiere algun tanto de la que ofrecen los modernos crocodilos, segun observó Cuvier en un ejemplar procedente de las capas de Honfleur y del Havre. Dicho autor ha descrito tambien algunas vértebras halladas en la grande oolita de Chipping Norton, y otras de gran tamaño de las formaciones de Wealden en Sussex y la isla de Wight. Pertenecen probablemente á la parte anterior de la misma columna vertebral en que se fundó el género Cetiosauro. Las pequeñas vértebras que descubrió Cuvier fueron atribuidas por Von Meyer á un género llamado Streptospondylus.

En una especie de Wealden, las vértebras dorsales miden solo cuatro pulgadas de largo, y las caudales un poco menos: caracterizan la especie denominada cetiosaurus brevis.

Las vértebras caudales que tienen cinco y medio pulgadas de longitud, procedentes de la oolita inferior de Chipping Norton y de la grande oolita de Eustone, representan la especie llamada cetiosaurus medius.

Las vértebras caudales de la formacion de Portland, en Oxford, que miden siete pulgadas de largo, se atribuyen al Cetiosaurus longus, que debe haber sido el crocodilo mas gigantesco y semejante á la ballena.

Denticion de los crocodilos.—Los dientes de los crocodilos así actuales, como extinguidos, se componen de un cuerpo de dentina compacta, que forma una corona cubierta de una capa de esmalte, hallándose la raíz revestida de otra de cemento. Esta raíz se ensancha ligeramente, ó se conserva igual hasta su base (fig. 99, *a*) que está profundamente excavada por una cavidad cónica, la cual se extiende dentro de la corona y suele hallarse perforada en su lado interior.

El gérmen del diente *c* (figs. 98 y 99) se desarrolla desde la membrana que cubre el ángulo situado entre la base y la pared interior del alvéolo; la matriz del órgano que crece ejerce su presion sobre el tabique interno, y forma para sí mismo una profunda cavidad; al mismo tiempo ataca el lado de la base del diente contenido; y afianzándose cada vez mas, á medida que crece, penetra en la ancha cavidad carnosa del órgano primeramente formado, por medio de una perforacion circular ó semicircular: el tamaño de esta en el diente, y la depresion de la mandibula indican que esto es debido en gran parte á la matriz blanda, la cual debe haber producido su efecto excitando la accion absorbente, sin que intervenga fuerza mecánica. Vencida la resistencia del tabique de la cavidad carnosa, el diente que crece y su matriz se retiran de la depresion provisional alveolar, penetrando en la sustancia de la pulpa contenida en la cavidad del diente completamente formado.

A medida que el nuevo diente va creciendo, retírase la pulpa del antiguo; este último es atacado despues; y minada la corona por la absorcion de la superficie interior de su base, puede romperse por un ligero esfuerzo exterior cuando la punta del nuevo diente aparece. Tan pronto como este último (fig. 99 *b*) ha penetrado en el interior del antiguo (fig. 99 *a*), comienza á desarrollarse otro gérmen *c*, en la misma posicion relativa que el anterior; y así se continúa sucesivamente la expulsion y sucesion de dichos órganos durante toda la vida de estos reptiles carnívoros de sangre fria.

Desde el periodo de la emision del huevo, los dientes del crocodilo se suceden unos á otros en direccion vertical, siguiéndose de aquí que el número de ellos es el mismo cuando el animal sale á luz que cuando llega á su completo desarrollo; y á causa de la rapidez con que se suceden, la cavidad de la base del diente completamente formado no se consolida nunca.

En las mas de las extinguidas especies de crocodilos, los dientes se caracterizan por ser mas numerosas las protuberancias longitudinales de la corona que en las modernas especies: pero en uno de los crocodilos de vértebras bicóncavas (gonipholis crassidens), de la formacion de Wealden y de la caliza de Purbeck, los dientes tienen coronas tan redondas y gruesas, en proporcion á la longitud, como en los recientes crocodilos.

Las mas antiguas especies de la oolita y del lias, llamadas Steneosaurus y Teleosaurus, tienen mandíbulas semejantes á las de los modernos gaviales; pero á veces mas largas y atenuadas, y provistas de dientes mas numerosos é iguales, propios para coger los peces.



Fig. 98.—SECCION DE MANDÍBULA CON DIENTES DEL ALIGGATOR



Fig. 99.—DIENTES DEL GAVIAL

En todos los teleosauros los dientes son mas delgados y puntiagudos, y menos comprimidos que en el gavial; encórvanse ligeramente, y la corona está cruzada por muchas estrías bien distintas, dos de las cuales son mas grandes que las demás: el colmillo es cilíndrico. Los dientes de los steneosaurus, ó crocodilos extinguidos, con largas y delgadas mandíbulas, difieren de los del Teleosauro por ser algo mas gruesos en proporcion á su longitud, y mas grandes relativamente á las mandíbulas.

Las mandíbulas fósiles de los crocodilos extinguidos demuestran que rigió la misma ley que ahora, para la sustitucion de los dientes, en las antiguas épocas, cuando dichos reptiles, superiormente organizados, existian en mayor número, ofreciendo las mas variadas modificaciones genéricas y específicas.

SUB-ÓRDEN III—PROCELIANOS

Todos los crocodilos existentes son procelianos: los caractéres distintivos mas marcados, por los cuales se agrupan los correspondientes géneros, se derivan de las modificaciones del sistema dentario.

En los caimanes (género Aligator), los dientes varían en número desde $\frac{18\text{-}18}{18\text{-}18}$ hasta á $\frac{22\text{-}22}{22\text{-}22}$; el cuarto de la mandíbula inferior ó canino es recibido en una cavidad de la superficie

palatina, donde queda oculto cuando la boca está cerrada; en los individuos de mucha edad, la mandíbula inferior está perforada por estos grandes caninos inferiores, y las fosas quedan convertidas en orificios.

En los verdaderos crocodilos (género Crocodilus), el primer diente de la mandíbula inferior perfora una parte del hueso intermaxilar cuando la boca está cerrada; el cuarto es recibido en una cavidad practicada en un lado del borde alveolar de la mandíbula superior, y es visible exteriormente aunque la boca esté cerrada.

En los dos precedentes géneros se observa que los bordes alveolares de las mandíbulas presentan un contorno ondulado, y que los dientes son de tamaño desigual.

Los gaviales (género Gavialis) tienen los dientes casi del mismo tamaño, y semejantes por sus formas en ambas mandíbulas; el primero y el cuarto de la inferior pasan á una cavidad que hay en el borde de la superior, cuando la boca está cerrada. El número de dientes es siempre mayor en los gaviales que en los crocodilos: los primeros cinco pares superiores están sostenidos por los huesos premaxilares; el primero, segundo y cuarto de la mandíbula inferior son los mas largos. El octavo ó noveno posteriores afectan la forma casi cónica; los demás son comprimidos y presentan un borde cortante á derecha é izquierda, ofreciendo además algunas estrías longitudinales en la base de la corona.

Los restos de algunas especies de este órden se encuentran en la arenisca verde de la América del Norte (Crocodilus basifissus y C. basitruncatus). En Europa se hallan los fósiles en el terreno terciario: los procedentes de la arcilla plástica de Meudon se han atribuido al C. isorhynchus, C. cœlorynchus y C. Becquereli; los de la caliza basta de Argenton y Castelnaudary al C. Rallinat y C. Dodunii. En la arcilla de Sheppy se descubrió un cráneo entero y varias partes del esqueleto de C. toliapicus y del C. Chamsoides. Es notable que las formas de los crocodilos procelianos, limitadas ahora geográficamente, el gavial al Asia y el caiman á América, y los crocodilos propiamente dichos á las latitudes cálidas de Asia, Africa y América, hayan estado asociadas, y representadas por especies que vivieron, casi durante el mismo período geológico, en rios que corrian sobre el espacio que ahora constituye la costa sur de Inglaterra.

ÓRDEN X—LACERTILIOS

(LAGARTOS, MONITORES, IGUANAS)

CARACTÉRES.—Vértebras procelianas y costillas sencillas; no hay mas que dos vértebras sacras, dos fosas nasales externas y un orificio parietal.

Con el presente órden se agrupan provisionalmente, por la íntima analogía que ofrecen en la denticion y el tamaño en general con los modernos lagartos, los siguientes géneros y especies, fundados en fósiles que consisten sobre todo en mandíbulas y dientes de la formacion de Purbeck. Parece que no se ha encontrado aun ninguna vértebra perfecta que ofrezca la estructura proceliana, y que se relacione con estos fósiles de modo que indique la asociacion orgánica. Si se hiciera tal descubrimiento, los vedaderos lacertídeos datarian del período oolítico superior.

En la especie Nuthetes destructor, los dientes están fijos por anquilosis parciales á las depresiones que hay en el lado interior de un tabique alveolar; comprimidas y puntiagudas, se encorvan un poco, ofreciendo bordes finamente aserrados; la parte mas gruesa no está hácia el centro, sino mas cerca del borde anterior, como en el gran varano (Var. crocodilinus) y en el Megalosauro; los dientes se parecen, en miniatura, á los del gran reptil carnívoro. A los que preguntan si estos fósiles de Purbeck no podrian ser de un feto de Megalosauro ó de un individuo muy jóven, se les podria contestar que la mandíbula inferior del Nuthetes difiere de la de aquel por no tener el tabique alveolar interno mas saliente que en el moderno Varano, no viéndose tampoco rudimentos de las divisiones alveolares. Los dientes mas grandes miden dos líneas de diámetro en la base de la corona; la longitud del mayor fragmento de mandíbula era de pulgada y media.

Los fósiles presentan huellas de un lagarto carnívoro ó insectívoro del tamaño del gran monitor de India. El nombre específico se refiere á la estructura de los dientes propios para perforar, cortar y destrozar la presa.

Una especie de lagarto mas pequeño de la misma formacion (saurillus obtusus), está representada principalmente por una porcion de la mandíbula inferior que contiene trece dientes, medianamente largos, cónicos y obtusos, y no tan curvos como en el Nuthetes; en la parte exterior del hueso dentario, no mucho mas abajo del borde alveolar, hay seis orificios en una serie longitudinal, tan grandes como los del Iguanodon, y que indican, como en otros reptiles saurios, la cubierta escamosa de las mandíbulas. Los dientes están fijos, segun el tipo Pleurodonte. Suponiendo que el fósil provenga de un individuo adulto, el tamaño del animal debe haber sido casi el del lagarto europeo, *lacerta agilis;* y probablemente era insectívoro. El nombre específico obtuso se refiere á la terminacion del hocico, indicada por la forma de la parte anterior de la mandíbula, y tambien por los ápices romos de los dientes cónicos.

En la formacion de Purbeck que contiene las porciones de la mandíbula superior é inferior con sus dientes, y que ha servido de base para crear el género Macelodon, se encontraron asimismo ejemplares de pequeñas escamas y un arco neural que corresponde por su tamaño al de los dientes.

Uno de los fósiles consiste en el maxilar superior derecho provisto de ocho dientes casi enteros, y en el que se ve el sitio donde debian fijarse doce ó catorce, por anquilosis parcial, en el fondo de una cavidad alveolar. La figura 100 representa el elemento dentario de la mandíbula inferior, con trece dientes y depresiones alveolares para veinte. La corona, ancha y comprimida, tiene los bordes agudos y subcarenados en la mitad apicial, encorvándose ligeramente; en los dientes mas antiguos aparece reducida por el desgaste; el esmalte presenta finas estrías longitudinales.

En una parte del hueso maxilar superior del Macelodon Brodici, la placa palatina alveolar mas baja remata interiormente en un borde liso, que habia formado el límite de una extensa abertura, como en los mas de los lagartos; esta estructura, el desarrollo desigual y la implantacion de los dientes, indican las afinidades lacertídeas del Macelodon.

Los restos de pequeños reptiles semejantes á lagartos, con dientes mas ó menos propios para perforar, cortar ó triturar la cubierta córnea de los articulados, son tales como debian esperarse en las capas margosas de las series de Purbeck, que han presentado tan numerosos restos de la vida de los insectos, con los cuales están asociados los restos de mamíferos insectívoros. Un gran saurio de Purbeck, provisto de dientes apropiados para atravesar las escamas de los peces ganoideos, fué atribuido á un género llamado Echinodon: aseméjase al Macelodon por la forma general de los dientes, pero tiene la implantacion teocodonte; la corona presenta, sin embargo, esa hoja ó tipo de escama, de que son modificaciones los dientes del Paleosauro, del Cardiodon, del Heliosauro, del Scelidosauro, y hasta del Iguanodon.

Los dientes del Equinodonte difieren de los del Scelidosauro por los dientes marginales de la mitad apicial de la

corona, que aumentan progresivamente de tamaño desde el ápice á la base de aquella parte angular del diente. Diferéncianse de los del Macelodon por los bordes dilatados de la mitad básica, y por ser mas profundos los dientes de la mitad apical de la corona. La diferencia que se nota entre el Equinodonte y el Iguanodon, por lo que hace á la estructura de los dientes, consiste esencialmente en que los del primero son apropiados para el régimen animal, al paso que los del segundo indican una alimentacion vegetal. El aparato dentario del Equinodonte parece tan bien adaptado para perforar la cubierta escamosa del pez y retener la presa, que todo induce á creer que las especies fueron ictiófagas, y de costumbres acuáticas, como el amblirinco de la isla de los Galápagos.

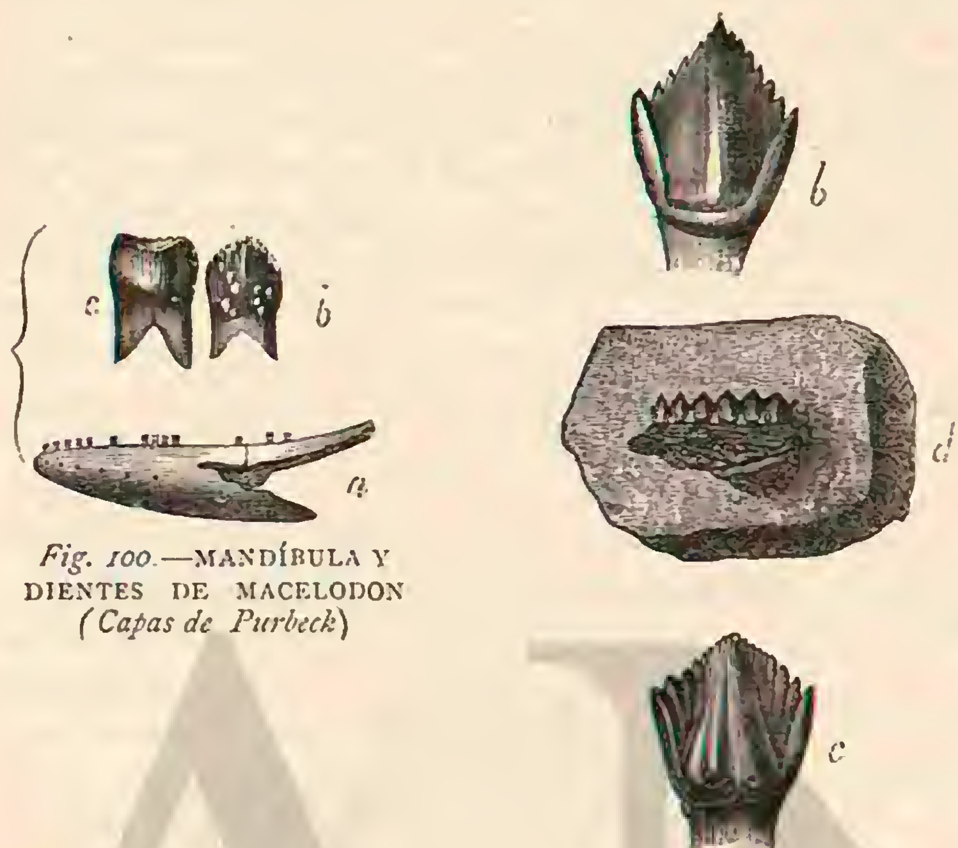


Fig. 100.—MANDÍBULA Y DIENTES DE MACELODON (*Capas de Purbeck*)

Fig. 101.—MANDÍBULA Y DIENTES DEL ECHINODONTE.—*d*, tamaño natural; *b* y *c*, dientes agrandados

En la formacion weáldica de Sussex fué donde primero se encontraron pequeñas vértebras del verdadero tipo lacertídeo; son las mas abundantes, y halláronse asociadas en el horizonte cretáceo con otras partes características de las especies. Sobre tales restos fundáronse el Raphiosaurus subulidens, el Coniosaurus crassidens y el Dolichosaurus longicollis. Esta última especie es notable por la longitud y delgadez del tronco y del cuello, que indica una tendencia á la forma de ofidio.

Pero la mas notable y extremada modificacion del tipo lacertídeo en el período cretáceo es la manifestada por las grandes especies, de las cuales se descubrió un cráneo de cinco pies de largo en la creta superior del Monte San Pedro, cerca de Maestricht, en 1780. Las vértebras son cóncavas en la parte anterior y convexas en la posterior, contándose 34 entre la cabeza y la base de la cola: parece faltar el sacro; las vértebras caudales tienen largas espinas neurales, y los arcos se unen con el cuerpo, formando la base de una poderosa cola natatoria. Los dientes están anquilosados á ciertas prominencias á lo largo del borde alveolar de la mandíbula segun el tipo acrodonte; y en cada terigoideo hay una línea de otros mas pequeños. Para este género de gigantesco lagarto marino se propuso el nombre de Mosasauro. Además del M. Hofmanni, de Maestricht, conócese el M. Maximiliani, de las capas cretáceas de la América del Norte, y otra especie mas pequeña, el M. gracilis, de la creta de Sussex. El leiodon anceps, de la creta de Norfolk, era un lacertídeo marino muy afine.

Muchos pequeños lacertídeos terrestres han dejado sus restos en las formaciones terciarias de Europa.

ÓRDEN XI—OFIDIOS

(SERPIENTES)

CARACTÉRES.—Vértebras muy numerosas y procelianas; costillas huecas; no existe el sacro ni hay miembros visibles.

El órden de los ofidios, conforme está caracterizado en el sistema de Cuvier, debe dividirse en dos secciones, segun la naturaleza del alimento y la consiguiente modificacion de las mandíbulas. Algunas especies que se nutren de gusanos, insectos y otros pequeños invertebrados, tienen el pedúnculo timpánico de la mandibula inferior inmediata é inamoviblemente articulado con las paredes del cráneo; las ramas laterales de la mandibula inferior están fijas en las sínfisis, y opuestas por el acostumbrado movimiento vertical á un completo arco maxilar superior; estos ofidios pertenecen á los géneros amphisbæna y angus, de Linneo, hallándose representada la segunda por la serpiente comun. El resto de los ofidios, incluso las serpientes ordinarias y los constrictor, que constituyen los tipos, figurando en mayor proporcion en el órden, se alimentan de animales vivos, á menudo de mucha mayor dimension que la suya; y el aparato maxilar está convenientemente modificado para permitir la distension de las partes blandas que rodean la boca, así como la traslacion de la presa á la cavidad digestiva. Todos los ofidios fósiles determinados hasta aquí corresponden al último grupo típico.

Los restos mas antiguos de reptiles ofidios proceden del eoceno de la arcilla de Sheppy, y consisten en vértebras que indican una serpiente de doce piés de largo, el palæophis toliapicus (fig. 97, 5). En las capas del eoceno de Bracklesham se hallaron otras vértebras mayores, mas numerosas y mejor conservadas, sobre las cuales se fundaron las especies palæophis typhæus y P. porcatus; los restos indican un boa constrictor de unos veinte piés de largo. Las vértebras fósiles presentan muy bien marcado el corte anterior *a* y el posterior *b*; la diapófisis *d* difiere de la del boa constrictor por ser mas prominente; la hipapófisis *h* es corta; *z s* es la cigapófisis anterior, y *z'* la posterior; el borde posterior de la neurapófisis *n* es notable por lo angular; *z* es el cigosfene. Las vértebras de ofidios más pequeños, procedentes del mas

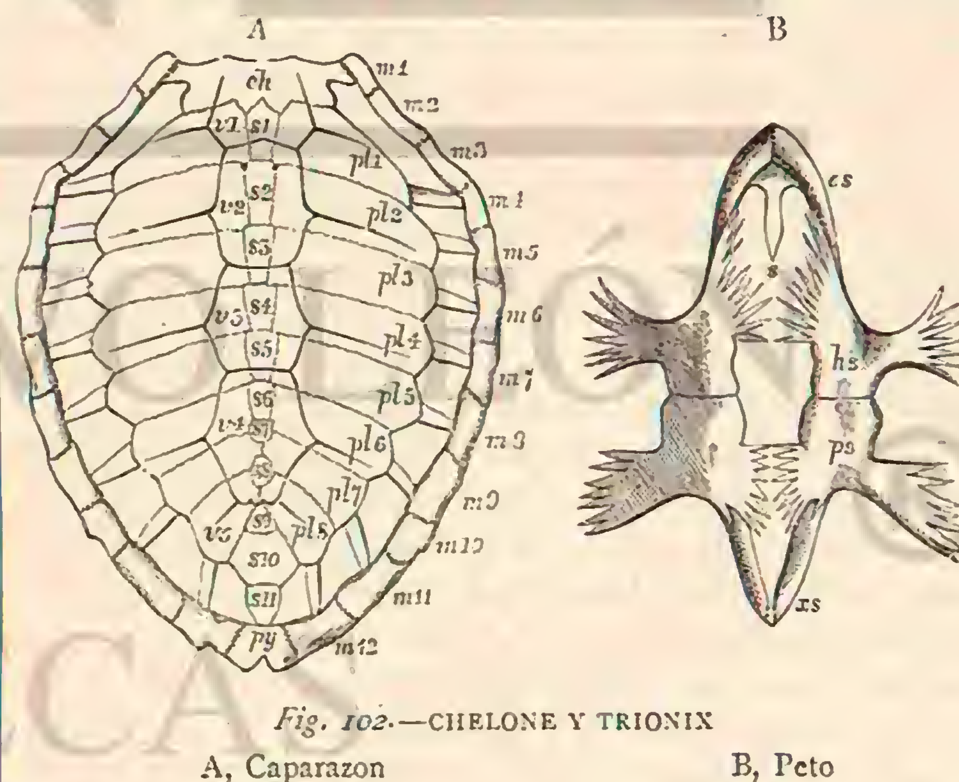


Fig. 102.—CHELONE Y TRIONIX

A, Caparazon B, Peto

moderno eoceno de Hordwell, dan orígen á las especies denominadas paleryx rhombifer y P. depresus. Varias vértebras fósiles de una formacion terciaria que hay cerca de Salónica han sido atribuidas á una serpiente, sin duda venenosa, con el nombre de laofis. Se han descubierto en los depósitos del mioceno de Sansans, en el sur de Francia, unos

colmillos que parecen ser de víbora, y vértebras de un coluber, que tendria tres veces el tamaño de una de las especies existentes en Europa. Tres fósiles de ofidios, hallados en la pizarra de Oeningen, sirvieron de base para las especies coluber arenatus, C. Kargii y C. Owenii.

En estalagmitas superficiales se han hallado algunos huesos de serpientes, que acaso sean del período de la historia humana. Pero lo que mas interés ofrece para nosotros es el hecho de la existencia de ofidios reptiles de las familias venenosas en los primitivos períodos terciarios antes de que ninguna de las especies existentes de mamíferos apareciese en la tierra. Los fósiles del eoceno y del mioceno demuestran, sin embargo, los mismos movimientos de reptacion que en la actualidad; y las vértebras indican esa misma estructura de la columna vertebral que suplia en las serpientes la falta de manos, piés y aletas.

ÓRDEN XII—QUELONIOS

(TORTUGAS)

CARACTÉRES.—Costillas del tronco anchas, planas, unidas por sutura, formando con sus vértebras el esternon y placas dérmicas; cubierta torácico-abdominal en forma de caja, en la que pueden ocultarse los miembros, la cola, y comunmente la cabeza; no existen dientes; fosa nasal externa sencilla.

Las mas comunes evidencias de quelonios extinguidos consisten en los restos fósiles que presentan los caractéres citados, y que son por lo regular fragmentos ó porciones divididas; pero como ofrecen modificaciones características de las principales divisiones del órden, debemos hacer algunas observaciones para facilitar el estudio.

En las familias marinas llamadas chelone y trionix consisten los restos en un peto (fig. 102, B) y un caparazon (A); las especies de agua dulce (emys), y las tortugas de tierra (testudo), tienen además paredes laterales. El caparazon se compone de una serie de piezas simétricas *ch* á *py*, y de otras dos irregulares á cada lado; las simétricas, llamadas placas neurales, son huesos dérmicos; las marcadas desde *s* 1 á *s* 8 están unidas con las extremidades de otras tantas vértebras dorsales, y las otras quedan libres; la primera *ch*, se llama nucal, y la última *py*, pigal. Las placas contiguas laterales, *pl* 1 á *pl* 8, son dérmicas, unidas con las ocho costillas subyacentes, por lo que se llaman placas costales; las exteriores son las placas marginales *m* 1 á *m* 12, que constituyen osificaciones dérmicas, varias en número y no existen en los trionix.

El peto (fig. 102, B) se compone del esternon *s* y de cuatro pares de costillas externales, hallándose unidos con algunas ó con todas los huesos dermales de diversas formas. Estas placas compuestas figuran en determinado número en los quelonios existentes, y han recibido nombres especiales. La pieza media única *s* es la entosternal; las mas anteriores *e s* son las episternales; las siguientes *h s* las hiosternales; *p s* indica las hiposternales, y *x s* las jifisternales.

Cada uno de los indicados elementos del espaldar y del peto muestran caractéres que dan á conocer la naturaleza y afinidades del quelonio. En las tortugas marinas están menos completos el peto y el espaldar; las extremidades de las costillas penetran en cavidades de algunas de las placas marginales, como los dientes en los alvéolos (fig. 102, A); y en el peto se ven cavidades análogas, que en las especies de agua dulce se llenan por la osificacion; las placas costales se unen por suturas á las marginales. Excepto en los trionicidos, todos los elementos exteriores del peto y del espaldar están impresos por las capas córneas que cubrian los elementos huesosos, pudiéndose así reconocer su forma y dimensiones despues que aquellos dejaron de existir. Las impresiones marginales de las cinco piezas medias están indicadas en el espaldar (fig. 102, A), en *v* 1 á *v* 5; las líneas que salen de los ángulos laterales marcan los límites de las placas costales. En el peto fósil (fig. 103), la línea que hay entre *h u* y *p e* indica las placas humerales y pectorales, y la que se ve entre *p e* y *a d* las pectorales y abdominales, y la que existe entre *f e* y *a n* las femural y anal, etc.

Las tortugas que no pueden introducir la cabeza dentro de la concha, la tienen grande y bien osificada, como en la figura 86, B, donde el post-frontal *g*, el mastoideo *m* y el escamoso *k*, forman una bóveda sobre el verdadero cráneo. Los huesos de los miembros están modificados segun el centro de vida y la locomocion; pero son siempre sólidos.

Ya hemos hecho referencia en otro lugar á las impresiones observadas en las areniscas del período triásico en Dumfrieshire, indicando que serian probablemente huellas de quelonios. La mas primitiva prueba de la existencia de estos séres, hallada por W. Jardine en Corncockle Muir, consiste en el cráneo del Chelone planiceps, de la arenisca de Portland, y en el caparazon y el peto de los extinguidos y singularmente modificados géneros Tretosternon y Pleurosternon (fig. 103), procedente de Purbeck. En el jurásico superior, ó pizarras litográficas de Cirin, se han hallado restos de Emididos, atribuidos á los géneros Hydropelta y Achelomia.

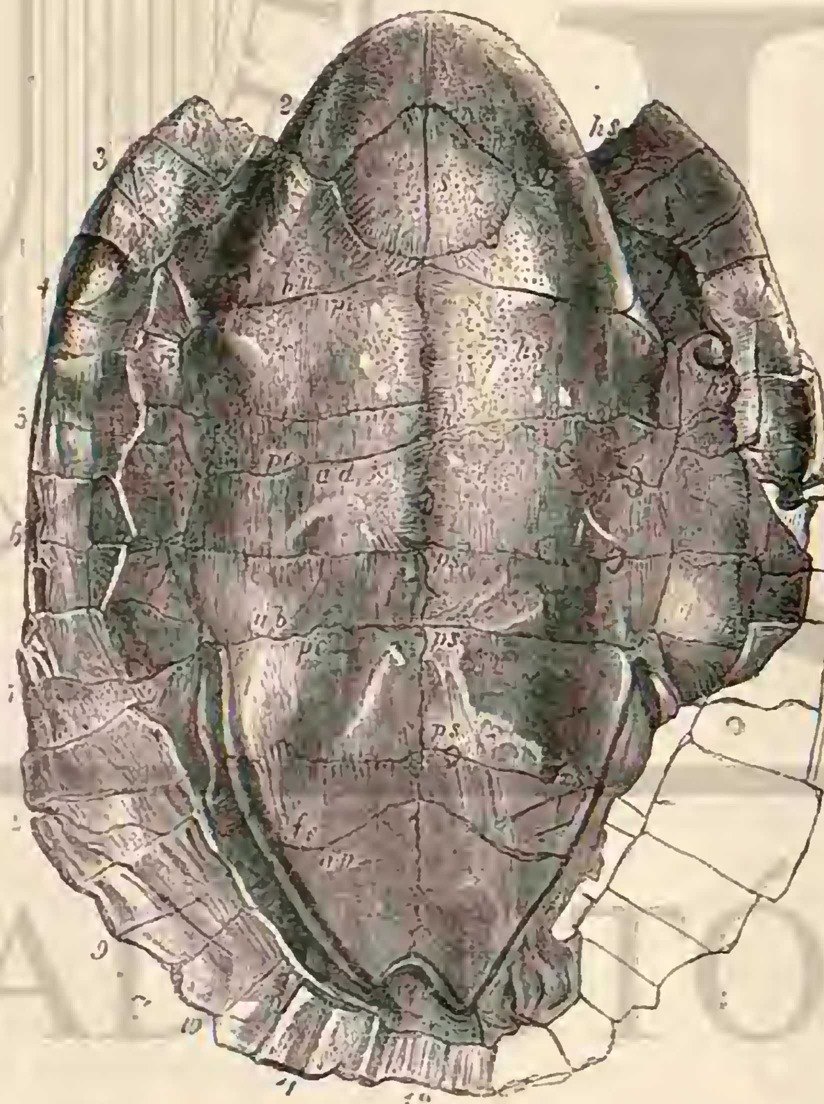


Fig. 103.—PETO DEL PLEUROSTERNON EMARGINATUM

Las verdaderas tortugas marinas, Chelone Camperi, C. Bensteri y C. pulchriceps, han dejado sus restos en los horizontes cretáceos; el emidido Protemis procede de la arenisca verde, cerca de Maidstone; los depósitos terciarios del eoceno de Bretaña contienen muchos restos de tortugas marinas y de agua dulce. Muchas especies han dejado sus restos en la arcilla de Lóndres, en la desembocadura del Támesis, y son mas numerosas que las que ahora se conocen en todo el mundo. Una de ellas, C. gigas, alcanzó extraordinarias dimensiones, pues el cráneo que existe en el Museo Británico, mide más de un pié de ancho. El Chelone longiceps se ase-

meja al Trionyx por la figura y disposicion del hocico, y al Emys por la extensa osificacion del caparazon y del peto, si bien conservaba los caractéres esenciales de la tortuga. El género Trionyx (tortuga blanda) está representado por muchas y magníficas especies en el eoceno superior de Hordwell; la rugosidad de la superficie exterior del caparazon y del peto, en este género, permite que se reconozcan fácilmente los fragmentos fósiles. Los Emys de agua dulce y los Platemis están representados por muchas especies en los depósitos del eoceno en Sheppy y Hordwell. En el plioceno de Oeningen se descubrieron restos de una especie de Chelydra, forma confinada actualmente en América; y otros de tortugas de tierra (Testudo) indican diversas especies extinguidas en las formaciones del mioceno y plioceno de la Europa continental. En los mismos horizontes, en Sewalik-Hills, se halló el caparazon de una tortuga (Colossochelys atlas) de veinte piés de longitud. En la misma localidad se reconoció la interesante evidencia de una especie de Emys (E. tectum), que continuó existiendo desde el período del Sivaterio (probablemente mioceno) hasta nuestros dias.

ÓRDEN XIII—BATRACIOS

SAPOS, RANAS, ETC.

CARACTÉRES.—Vértebras bicóncavas (Sirena), procelianas (Rana), ú opistocelianas (Pipa); pleurapófisis cortas y rectas; dos cóndilos occipitales y dos huesos vomerianos; carencia de escamas ó placas; primera edad con bránquias.

Solo en el terreno terciario y post-terciario se han descubierto especies extinguidas, correspondientes á los géneros ó familias de este órden que aun existen. Los reptiles con caractéres de anfibios ó batracios, de los períodos carbonífero ó triásico, presentaban otros que les daban cierto valor diferencial, ofreciendo mas bien el tipo comun de los vertebrados de sangre fria, que una íntima afinidad con los reptiles desnudos mas especialmente modificados, á que se dió el nombre de batracios en los catálogos zoológicos de las especies existentes. Mientras prevaleció el tipo ganoidéo de peces, los batracios eran ganoideos; los de piel blanda corresponden al período en que los mas de los peces tienen las escamas flexibles y solubles, cicloidéas ó tenoidéas.

De los batracios anuros se han descubierto sapos de especies extinguidas (palophynos Gessneri y P. dissimilis) en las capas de Oeningen; y mas abundantemente ranas en los depósitos del mioceno y plioceno de Francia y Alemania. Los batracolites procedentes del Siebengebirge, cerca de Bonna, ofrecen diversos períodos de transformacion de la rana diluvial; en las pizarras terciarias de Bombay se hallaron restos del pequeño fósil rana pusilla.

En la familia de las salamandras, el fósil mas notable es el que, por el tamaño de la cabeza y de las vértebras se atribuyó, al descubrirse en Oeningen, en 1726, á la especie humana, dándosele el nombre de homo diluvii testis. Cuvier demostró sus afinidades con la salamandra acuática (menopoma) de los Estados-Unidos; y mas recientemente se descubrió en el Japon una salamandra viva que iguala por su tamaño á dicho fósil.

Del estudio que acabamos de hacer resulta que la clase de los reptiles, al contrario de la de los peces, está en el período de decadencia; y que la época en que aquellos existieron con la mayor diversidad de formas, y en el mas alto grado de estructura, es la mesozóica. El progreso de los vertebrados de respiracion aérea, graduándose por sucesivos tránsitos, se ha paralizado, como si no hubiera estado conforme con las exigencias y condiciones de vida del presente estado del planeta. Los reptiles han sido reemplazados por tipos superiores de respiracion aérea, que no pueden derivarse directamente de la clase de los peces. En los extinguidos reptiles se reconoce una estructura de vertebrados mas generalizada, por las afinidades con los peces ganoidéos, que vemos en los ganocéfalos, labirintodontes é ictiopterigios; por las que ofrecen los terosauros con las aves, y por la analogía de los dinosauros con los mamíferos. Manifiéstase tambien por la combinacion de los caractéres del crocodilo, del quelonio y del lacertideo en los criptodontes y dicinodontes. Hasta los quelonios del período de Purbeck evidencian el mismo principio por el número mas típico de las costillas abdominales que entran en la composicion del peto.

La ausencia de los restos de labirintodon en el terreno pérmico y del ictiosauro en el de Wealden, es casi compatible con la conviccion de que ambas clases de reptiles existieron en otro punto durante los períodos anteriores. Una diferencia de costumbres, correspondiente á la de estructura, explica porqué los plesiosauros pudieron dejar sus restos en profundas capas weáldicas; mientras que los mas vigorosos nadadores se aventuraban en mas espaciosos mares. De los batracios propiamente dichos, los que conservan la cola parecen haber llegado hasta el máximum durante el período terciario superior, entrando despues en su decadencia; mientras que las especies sin cola son mas numerosas y variadas hoy dia. Los ofidios se asemejan á los anuros, que comienzan en el mas primitivo terciario y ofrecen el máximum de su desarrollo en nuestros dias. Los lagartos procelianos, y en particular los pleurodontes, que empiezan en la creta, han ido aumentando asimismo en número y variedad de formas hasta la actualidad. El grupo acrodonte estaba representado por el Mosasauro, con un máximum de tamaño, y notables modificaciones para la vida marina, durante el período cretáceo. Los grandes grupos de ictiopterigios y sauropterigios, terosauros y dinosauros, se perdieron antes de que comenzara la época terciaria; los crocodilos procelianos, que llegaron á su apogeo en las formaciones terciarias mas baja y media, están en completa decadencia; acaso pudiera decirse lo mismo de los quelonios respecto al tamaño de los individuos y al número de especies de ciertos géneros, como por ejemplo, chelone trionyx y chelydra.

CLASE III—AVES

Los primitivos vestigios fósiles de la clase consisten en las huellas observadas en alguna antigua playa, que del triásico ó liásico se conservaron por uno ú otro de los medios explicados en la seccion de Icnología. Los huesos fósiles de aves no se hallaron sino en horizontes mucho mas recientes que las areniscas con impresiones, y escasean notablemente mas que los restos de mamíferos, reptiles y peces, en cualquiera formacion, excepto la mas moderna en ciertas limitadas localidades, como por ejemplo en Nueva Zelanda.

Lyell ha observado muy oportunamente, «que la facultad de volar de que están dotadas las mas de las aves, pudo preservarlas de morir por alguna de las numerosas casualidades á que se hallan expuestos los cuadrúpedos durante las inundaciones.» El mismo autor arguye tambien, «que en el caso de ahogarse, ó de morir cuando nadan, rara vez sucederá que lleguen á sumergirse lo suficiente para conservarse en los depósitos de sedimento.» Verdad es que el esqueleto de un ave flotante podrá no hundirse donde el animal dejó de existir, siendo, al contrario, arrastrado por la corriente; pero si no es devorado, los huesos subsistirán cuando las partes blandas se hayan descompuesto; y la compacidad del

tejido huesoso, así como los hechos que nos han dado á conocer los ornitolites de la arenisca verde de Cambridge, de la arcilla de Lóndres en Sheppy, y del eoceno de Montmartre, demuestran que pueden conservarse en estado fósil, El largo tiempo que puede flotar el esqueleto de un ave lo expone seguramente mas á ser devorado; y hé aquí porqué escasean tanto los restos fósiles en los terrenos de sedimento.

Cierto es tambien que la mayor parte de los restos de aves extinguidas, hallados hasta aquí, son de aquellas que estaban privadas de la facultad de volar, siendo su organizacion propia para vivir en tierra.

La existencia de aves en el período triásico, ó en la época de la formacion de las areniscas, que son seguramente intermedias entre el lias y el carbonífero, está indicada por numerosas huellas impresas en dichas areniscas, que se extienden á través de una gran parte del valle de Connecticut y en Massachusetts, en la América del Norte.

Las huellas de aves son especiales, y mas fáciles de distinguir que las de la mayor parte de los animales. Las aves pisan únicamente con los dedos; estos se articulan con un hueso sencillo metatársico, formando ángulos rectos; y divergen mas uno de otro, que en el resto de los animales.

Solo tres dedos se dirigen hácia delante; el cuarto, cuando existe, está situado hácia atrás, es mas corto, y suele elevarse en el metatarso sobre los otros, teniendo menos parte en el sostenimiento del cuerpo. No hay dos dedos en el mismo pié de cualquier ave que tengan igual número de articulaciones: cuando el de atrás existe, es el mas interior de los cuatro y tiene dos falanges; el siguiente tres; el tercero ó céntrico cuatro y el mas exterior cinco. Si falta el dedo posterior, como sucede en las mas de las aves que no vuelan, los otros tienen tres, cuatro y cinco falanges respectivamente. Cuando el número de dedos se reduce á dos, como sucede en el avestruz, las falanges figuran en número de cuatro ó cinco.

La misma progresion numérica caracteriza las dos falanges en la mayor parte de los lagartos desde el dedo mas interior al cuarto; pero existe en ellos un quinto con una falange menos que en dicho cuarto dedo; el quinto es el que falta en todas las aves. En algunas gallináceas (pavo bicalcaratus) presenta el metatarso unos espolones; pero estos apéndices particulares no son homólogos del dedo.

El Dr. Deane, de Greenfield (Estados Unidos) reconoció en 1835 impresiones semejantes á las huellas de aves en algunas areniscas del rio Connecticut; y habiéndolas reproducido en moldes, remitiólas al profesor Sulliman, manifestándole su opinion. El Dr. Hitchcock, director del colegio de Amherst, sometió luego estas impresiones á la comparacion científica, emitiendo su parecer de que fueron producidas por los piés de aves existentes: designólas con el nombre de orniticnitis.

El hecho era por demás curioso, y las evidencias debian ser irrecusables, pues hasta se habia reconocido que las huellas fueron impresas por piés que tenian veinte pulgadas de largo. El Dr. Hitchcock no desistió de su idea de que habia existido, durante el período de las areniscas rojas del valle de Connecticut, un ave, á la que llamaba ornithichnites giganteus, que debió haber sido por lo menos cuatro veces mas grande que el avestruz. Las impresiones se sucedian á intervalos regulares; pero eran de dos clases, aunque difiriendo solo en lo que puede distinguirse el pié derecho del izquierdo. Cada huella presentaba la señal de tres dedos, que divergian al extenderse hácia delante; y la distancia entre los laterales y el del centro era de doce pulgadas. El dedo mas interior indicaba distintamente dos divisiones de las falanges; el medio tres, y el exterior cuatro; y como en las aves existentes, no suelen dejar las falanges ungueales sino una sencilla impresion, infirióse juiciosamente que los dedos de aquel gran pié se habian caracterizado por el mismo número progresivo de falanges, desde el dedo mas interno al externo. Algunas de las impresiones de aquellos enormes pasos se conservaban tan bien, que se reconocia el carácter estriado del tegumento en la cara inferior del pié, estructura muy semejante á la que se observa en el avestruz. Examinada la distancia entre las huellas, reconocióse que era de tres ó cuatro piés.

Estas impresiones, aunque las mayores observadas en las areniscas de Connecticut, son tambien las mas numerosas. El enorme brontozoum, como le llama el Dr. Hitchcock, debió haber sido el gigante del valle; y lo mas curioso es que en diversas localidades se observan las mismas impresiones en líneas paralelas.

La arenisca roja, donde se reconocieron dichas huellas, ocupa un área de mas de ciento cincuenta millas de largo, y de cinco á diez de anchura. Se han observado las impresiones en mas de veinte puntos distintos, distribuidas en una extension de cerca de ochenta millas de N. á S., y repítense en una sucesion de capas que en algunos sitios tienen un espesor de mas de mil piés, habiendo sido necesarios por lo tanto miles de años para su formacion.

En el conglomerado y la arcilla plástica de la base del terreno eoceno de Meudon, cerca de Paris, se descubrió la pierna, con la tibia y fémur, de un ave á que se dió el nombre de Gastornis Parisiensis, la cual indica un género ahora extinguido. Aquellos restos pertenecieron á una especie tan grande como un avestruz, pero mas robusta. En la arcilla del eoceno de Sheppy se han hallado restos fósiles de aves, que indican un pequeño buitre (Lithornis vulturinus), y otros de un ave que será probablemente de la familia de los Halcyornis. En la misma formacion, en Highgate, se han recogido restos de especies de la familia de las garzas.

Los huesos fósiles de aves hallados en las canteras de Montmartre se han atribuido por Cuvier á once especies distintas.

El mas antiguo ejemplar del grupo de los Protornis es el Protornis Glarisiensis, fundado en un esqueleto casi entero que se descubrió en la caliza pizarreña de Glaris, correspondiente á la mas antigua division de las series terciarias del eoceno. El esqueleto viene á ser del tamaño de una alondra, y en cierto modo semejante al de esta ave.

Las comparaciones de los ornitolitos terciarios eocenos demuestran que las modificaciones de la clase de las aves estaban representadas en aquel período del modo siguiente: las rapaces, ó aves de rapiña, por especies del tamaño de nuestros buzardos y mas pequeños halcones, y acaso tambien por el mochuelo; las incisoras, por especies aparentemente afines de la alondra; las anisodáctilas, por especies tan grandes como el cuco; las rasoras, por especies de pequeñas codornices; las cursoras, por especies tan grandes como el avestruz, aunque de piernas mas gruesas; y las nadadoras, por especies afines al cormoran, aunque una de ellas de mayores proporciones.

Los restos de aves aparecen mas abundantes y variados segun nos acercamos á la época actual, particularmente en el terciario mioceno, tan ricamente desarrollado en Francia, aunque falta en Inglaterra. Una de las formas de pico mas singularmente modificadas es la que se observa en el flamenco: el cráneo fósil de una especie de este género Phœnicopterus fué hallado en los depósitos del mioceno de agua dulce de la meseta de Gergovia, cerca de Clermont-Ferrand; en los mismos depósitos, en Chaptusal, se encontró el me-

tatarso entero de una especie de águila (Aquila); y en la molasa conchífera marina de Armagne se descubrió el húmero de una ave tan grande como el albatros, afine á esta especie. En los depósitos del mioceno lacustre de Cantal se encontraron los restos de un buitre, probablemente del Catarto. Por último, en el horizonte mioceno se han reconocido vestigios de todos los órdenes de aves, excepto de las grandes cursoras.



Fig. 104.—DINORNIS ELEPHANTOPUS

En los depósitos del mioceno en Auvernia se hallaron huevos fósiles de aves, é impresiones de plumas en las margas calizas de Monte Bolca. En los depósitos del plioceno de Essex se descubrió el metatarso fósil de un cisne, tan grande como la especie salvaje de hoy dia; y en la arcilla de Lawford fué recogido un húmero fósil como el del ánade. Sin embargo, los mas de los ornitolitos del período moderno ó reciente se descubrieron en cavernas huesosas; y pertenecen á las aves que se asemejan á la paloma salvaje, al halcon, á la alondra, al tordo y al ánade.

Los mas extraordinarios fósiles de la clase fueron obtenidos en los depósitos superficiales, en las turberas y cuevas de Nueva Zelanda. Esta isla, notable por la falta de especies aborígenes de mamíferos terrestres, distínguese por la presencia de una pequeña ave con alas rudimentarias y plumaje muy suelto, que corresponde á un género particular llamado Apterix: las piernas son muy robustas, con piés tridáctilos y uno muy pequeño posterior. En la Nueva Zelanda existieron en otro tiempo, y se conocen bajo diversas formas específicas, unas aves semejantes al Apterix por la forma del esternon, la estructura huesosa de la pélvis y los miembros. Fueron atribuidas por Mr. Owen á los géneros Dinornis y Palapterya. Las especies gigantescas son interesantes porque indican aves de la misma formacion donde aparecen las impresiones tridáctilas tan grandes como las de las areniscas de Connecticut, llamadas Ornithichnites gigas. En el Dinornis giganteus (figura 104), la tibia mide mas de una vara de largo; en el esqueleto de otra especie, el metatarso es del mismo grueso, pero solo tiene la mitad de dicha longitud el armazon de la pierna es el mas macizo que se conoce en la clase de las aves; y los huesos de los dedos del pié igualan casi á los del elefante, por lo cual se ha dado á esta especie el nombre de Dinornis elephantopus. Conócense otras con los nombres de Dinornis ingens, D. struthioides, D. rheides y D. dromioides, etc. Con dichos restos se han encontrado huesos de un ave del tamaño de un cisne; pero de un género extinguido (Aptornis). Dos especies de Apterix, que apenas difieren de las existentes, eran contemporáneas del Dinornis gigante. Se ha sabido que el D. elephantopus lo utilizaban los naturales del pais como alimento, probablemente en época no muy remota.

En Madagascar se han visto porciones de metatarso que indican un ave tan grande como el Dinornis giganteus, llamada Epiornis, pero genéricamente distinta; los huesos estaban en bancos aluviales, y con ellos se hallaron huevos que medían de trece á catorce pulgadas de largo. Se calcula que el contenido de uno iguala al de seis huevos de avestruz, ó sea ciento cuarenta y ocho de gallina.

En la inmediata isla Mauricio, el Dido (Didus ineptus) fué exterminado por el hombre en el espacio de dos siglos, y en las islas de Borbon y Rodriguez sucedió lo mismo con el Solitario (Perophaps). Ambas aves tenian las alas demasiado cortas para volar.

CLASE IV—MAMÍFEROS

(VERTEBRADOS VIVIPAROS, DE SANGRE CALIENTE Y RESPIRACION AÉREA)

Toda parte calcificada de un animal, bien sea concha, coral, corteza, diente ó hueso, puede conservar su forma debajo de tierra durante los cambios que en ella ocurran gradualmente, cuando cada partícula original haya sido removida y reemplazada por alguna otra sustancia mineral préviamente disuelta en el agua que impregna el lecho donde está el fósil. Cuando un hueso ú otra parte cualquiera se altera de este modo, dícese que está *petrificado;* y no solo se conservan todos sus caractéres exteriores, sino que hasta se puede reconocer la mas delicada estructura, en la mayoría de casos, con el auxilio del microscopio.

Se han descubierto huesos fósiles y dientes en todos los grados de alteracion, desde su estado reciente al de petrificacion completa. Los huesos recientes consisten en una base gelatinosa endurecida por sales térreas, principalmente por el fosfato de cal. Los peces tienen la menor proporcion de dicha materia en los huesos, y las aves la mayor.

Proporciones de la materia dura y blanda en los huesos de los animales vertebrados

PECES

	Salmon	Carpa	Bacalao
Blanda.	60'62	40'40	34'30
Dura.	39'38	59'60	65'70
	100'co	100'00	100'00

REPTILES

	Rana	Serpiente	Lagarto
Blanda.	35'50	31'04	46'67
Dura.	64'50	69'96	53'33
	100'00	100'00	100'00

MAMIFEROS

	Cerdo marino	Vaca	Leon	Hombre
Blanda. . . .	35'90	31'00	27'70	31'03
Dura. . . .	64'10	69'00	72'30	68'97
	100'00	100'00	100'00	100'00

AVES

	Ánade	Pavo	Halcon
Blanca.	32'91	30'49	26'72
Dura.	67'09	69'51	73'28
	100'00	100'00	100'00

En el adjunto cuadro damos á conocer la naturaleza química de las partículas endurecidas y de la base blanda del hueso, indicando una especie de cada una de las cuatro clases de vertebrados.

Composicion química de los huesos

MATERIAS	Halcon	Hombre	Tortuga	Bacalao
Fosfato de cal, con vestigios de fluato de la misma base.	64'39	59'63	52'66	57'29
Carbonato de cal.. . .	7'03	7'33	12'53	4'90
Fosfato de magnesia.	0'94	1'32	0'82	2'40
Sulfato, carbonato y clorato de sosa. . . .	0'92	0'69	0'90	1'10
Glutina y condrina.. .	27'73	29'70	31'75	32'31
Parte volátil.	0'99	1'33	1'34	2'00
	100'00	100'00	100'00	100'00

El cambio mas comun que primeramente sufren los huesos consiste en la pérdida mayor ó menor de la parte blanda y soluble. El efecto de un prolongado enterramiento se reconoce al punto, aplicando el ejemplar á la lengua, cuando es tan grande la afinidad de la tierra constituyente con el flúido de los poros, despues de perder la gelatina, que el objeto se adhiere á la lengua como un pedazo de arcilla seca. Los huesos y dientes que se hallan en tal estado absorben rápidamente una solucion de gelatina, recobrando de este modo su primitiva tenacidad. Los fósiles petrificados no necesitan este tratamiento, porque son de ordinario mas duros y consistentes que el mismo hueso primitivo.

La interpretacion de tales restos fósiles exige que se comparen con las partes correspondientes de los animales vivos, ó de especies extinguidas, préviamente determinadas. Si se trata de animales vertebrados, la comparacion se limita á sistemas óseos y dentarios. La interpretacion de los vertebrados fósiles, supone un conocimiento de las diversas modificaciones del esqueleto y de los dientes de los vertebrados de nuestros dias; y cuanto mas extenso y preciso sea este conocimiento, mejor éxito obtendrán los esfuerzos del observador, y mas exactas serán sus deducciones.

La determinacion de los restos de cuadrúpedos ofrece, segun observa Cuvier, mas dificultades aun que la de otros fósiles orgánicos. Las conchas se suelen encontrar enteras, y con todos los caractéres por los cuales se pueden comparar con sus análogas en los museos, ó con las figuras de las obras ilustradas de los naturalistas. Los peces presentan con frecuencia su esqueleto ó su cubierta escamosa mas ó menos enteros, pudiéndose reconocer así la forma general del cuerpo, y á menudo los caractéres genéricos y específicos que se derivan de tales partes endurecidas, internas ó externas; pero rara vez se encuentra el esqueleto entero de un cuadrúpedo fósil; y cuando esto sucede, no da indicios, ó son casi nulos, respecto á su pelaje, á su piel, á su color. Lo que generalmente se obtiene en el horizonte donde se descubren restos petrificados de un mamífero se reduce á porciones del esqueleto, con huesos dislocados y revueltos, huesos desprendidos y dientes, ó solo sus fragmentos.

Antes de la época de Cuvier se habia adelantado poco en la interpretacion de tales restos; pero el admirable éxito que alcanzó la aplicacion de la gran ciencia de la Anatomía comparada á ese vasto campo de estudio tan descuidado hasta entonces, fué atribuido por Cuvier á los principios de la organizacion de los cuerpos animales, á lo cual llamó *Correlacion de formas y estructuras*, y *Subordinacion de los órganos*, principios que su inteligente biógrafo, Mr. Flourens, juntamente con los filósofos contemporáneos, consideraron como el mas poderoso instrumento para la restauracion de los animales extinguidos.

Una falange terminal, modificada de cierto modo, puede indicar, como lo demostró Cuvier, las modificaciones de todos los huesos del miembro anterior, que se relacionan con la ausencia de una rotacion de la pierna anterior, así como tambien las de la mandíbula y el cráneo que se refieren á la masticacion del alimento por anchos molares complejos.

Pero hay ciertas estructuras asociadas de las cuales no es conocida la ley fisiológica. «Dudo mucho, escribia Cuvier, que me hubiera sido dado adivinar, si no me lo hubiese enseñado la experiencia y la observacion, que los rumiantes de pezuña debian todos tener los piés hendidos, y ser los únicos animales con cuernos en el hueso frontal. Sin embargo, puesto que estas relaciones son constantes, preciso es que tengan una causa eficiente, mas como no se conoce, debemos suplir la falta de teoría por los medios de observacion. Haciéndolo así, de la manera mas conveniente, llegarán á establecerse leyes empíricas casi tan seguras en su aplicacion como las racionales. Que existen secretos motivos para todas estas relaciones, es un hecho de que puede convencernos la observacion, independientemente de la filosofía general. Con efecto, cuando se forma un cuadro de estas relaciones, obsérvase, no solo una constancia específica, si podemos expresarnos así, entre tal forma de un órgano, y tal otra de otro distinto, sino tambien una constancia de clase y una gradacion correspondiente en el desarrollo de estos dos órganos, que demuestran, casi tan bien como un razonamiento efectivo, su influencia natural.

»Así, por ejemplo, el sistema de los ungulados no rumiantes es generalmente mas perfecto que el de los bisurcados, tanto mas cuanto que los primeros tienen casi siempre ambos incisivos y caninos así en la mandíbula superior como en la inferior; la estructura de sus piés, segun vemos, es en general mas compleja, por cuanto están provistos de mas dedos, ó de pezuñas que envuelven menos completamente las falanges, teniendo mayor número de huesos distintos en el metacarpo y metatarso, ó un peroné mejor desarrollado, ó ya en fin, una concomitancia de todas estas modificaciones. No es posible determinar la causa de estas relaciones; pero la prueba de que no es esto debido á la casualidad, la tenemos en el hecho de que cuando un animal bisurcado presenta en su denticion una tendencia, una afinidad con los ungulados no rumiantes, ofrece asimismo otra semejante en la conformacion de los piés. Así, por ejemplo, vemos que los camellos, que tienen caninos y dos ó cuatro incisivos en la mandíbula superior, están provistos de un

hueso adicional en el tarso, lo cual resulta de no ser el escafoides confluente con el cuboides, y los pequeños cascos tienen reducidas falanges. El almizclero, armado de largos caninos superiores, tiene el peroné coextensivo con la tibia, mientras que otros rumiantes presentan solo un rudimento de aquel articulado con la extremidad inferior de esta. Existe, pues, una armonía constante entre dos órganos aparentemente del todo extraños entre sí, y las gradaciones de sus formas se corresponden sin interrupcion, aun en los casos de que no podemos darnos cuenta de semejantes relaciones. Pero aprovechándonos en esto del método de observacion, como de auxiliar suplementario, cuando la teoría nos abandona, llegamos á obtener asombrosos detalles. La mas pequeña superficie articular de un hueso, la mas reducida parte, ofrece un carácter determinado que se relaciona con la clase, el órden, el género y la especie á que perteneció; de modo que, cuando aquel posea tan solo la bien conservada extremidad de un hueso, conseguirá por medio de su aplicacion, y un poco de tacto, discernir las analogías, y por una comparacion suficiente, determinar todos los detalles con tanta seguridad como si tuviera el animal entero.»

Verdad es que en muchos casos, por falta de una atenta comparacion y del suficiente tacto, el resultado no recompensa los esfuerzos del paleontólogo, sirviendo estos errores, en que incurrió hasta el mismo Cuvier, de argumento para combatir los profanos á la ciencia, los principios de los discípulos del aquel sabio, que se guiaban por ellos para completar el glorioso edificio cuyos cimientos habia sentado el maestro.

Hemos copiado aquí estos párrafos de la gran obra de Cuvier con objeto de neutralizar los reiterados asertos de aquellos que aparentemente ignoran la manera clara y explícita con que dicho autor define los límites en que la ley de la correlacion de las estructuras animales puede aplicarse con éxito.

En el cuadro de terrenos (pág. 453) se ve que los primitivos restos de un animal vertebrado corresponden á la clase de los de sangre fria y respiracion acuática en el período silúrico superior. Despues sigue la de invertebrado, tambien de sangre fria, pero de respiracion aérea, que pertenece al grado de los batracios, en el período carbonífero. Los animales de sangre caliente están primero indicados, como las aves, por huellas en una arenisca, probablemente triásica, no mas antigua; lo mismo que los mamíferos, por dientes fósiles de las capas óseas del sistema triásico superior de Wurtemberg. Los restos de mamíferos se han hallado igualmente en un depósito lignitoso de la Carolina del Norte, que no puede ser mas reciente que la formacion liásica.

GÉNERO MICROLESTES

Los dientes de mamífero hallados en el trias aleman é inglés indican un cuadrúpedo insectívoro muy pequeño, al que aplicó su nombre genérico el profesor Plieninger de Stuttgart. Los ejemplares alemanes se descubrieron en 1847 en Diegerloch, á unas dos millas de Stuttgart, en una formacion cuyas relaciones geológicas se determinan entre el lias y la arenisca del Keuper. Los dientes del microlestes procedentes de un conglomerado que ocupa una grieta de la caliza carbonosa, cerca de Frome, figuran en número de cuatro, siendo dos molares de la mandíbula superior; el uno tiene la corona mas estrecha, y el cuarto es mas pequeño y puntiagudo; las coronas de los molares son verticalmente cortas en proporcion á su anchura; la superficie inferior presenta una depresion profunda, rodeada de pequeñas puntas. La corona del mayor de los molares superiores no excede de una línea en su mayor diámetro. Entre los mamíferos existentes, algunos de los pequeños molares del myrmecobius insectívoro de Australia ofrecen la mas íntima analogía con aquellos dientes fósiles; pero aun la ofrecen mayor los pequeños molares tuberculosos del extinguido mamífero del terreno jurásico, llamado Plagiaulax (fig. 110, *m* 1 y 2).

GÉNERO DROMATHERIUM

Este género está fundado en la porcion de una mandíbula inferior, que apenas tiene una pulgada de largo, la cual presenta siete molares tricuspidados, como los del spalacoterium, precedidos aparentemente de tres premolares delgados, delante de los cuales hay un canino y tres incisivos cónicos; estos últimos están separados por cortos intervalos, como en el fascoloterio. El ejemplar procede del horizonte carbonífero de Chatham, en la Carolina del Norte, y es probablemente de la edad triásica.

GÉNERO AMPHITHERIUM *(Thylacotherium, Val)*

Se ha fundado este género en algunos restos de la mandíbula inferior, una de cuyas ramas presenta la denticion entera, consistente en tres incisivos pequeños y cónicos,



Fig. 105.—MANDÍBULA DEL THYLACOTHERIUM PREVOSTII

un canino algo grande, seis premolares con una puntita en uno ó ambos lados de la base, y seis molares de cinco cúspides. Estos últimos, los mas de los premolares, están fijos por dos raíces. El cóndilo de la mandíbula es convexo, y un poco mas alto que la superficie de los dientes; la corona ancha y elevada. Tambien tiene este género la mayor afinidad con el marsupial Mirmecobio de nuestros dias. Los restos del Amphytherium son de las calizas oolíticas inferiores de Stonesfield.

GÉNERO AMPHILESTES

Este género está basado en una parte de la mandíbula inferior de la caliza oolítica de Stonesfield, en la cual se ven tres molarcs dc forma comprimida, con una punta céntrica, otra bien marcada en la parte anterior y posterior de la base; el cíngulo, peculiar de los dientes de los mamíferos, atraviesa la línea prominente interior de la corona, donde se desarrollan tres pequeñas puntas, dos de las cuales constituyen las extremidades anterior y posterior de la corona. Esta forma de diente desconocida en los mamíferos actuales, es á propósito para triturar los elitros de los coleópteros, que se encuentran tambien fósiles en la misma capa oolítica. El Amphilestes Broderipii era algo mayor que el Amphitherium Prevostii.

GÉNERO PHASCOLOTHERIUM

Aunque la evidencia que ofrece la estructura angular de la mandíbula inferior del Amphiterium parece indicar alguna afinidad con ciertos insectívoros, las variedades á que se halla sujeto este carácter en los diversos géneros de marsupiales existentes nos impiden pronunciarnos afirmativamente sobre este punto, hasta que se reconozcan otras indicaciones mas

precisas en los restos fósiles de nuevos géneros y especies.

En el Phascolotherium se manifiestan mas marcadamente los caractéres marsupiales en la forma general de la mandíbula; mientras que la afinidad con el género Didelfis, en cuanto al número de molares y premolares, no puede ser mas completa. La figura de las coronas de estos dientes difiere de la que se observa en los Didelphys, correspondiendo tan íntimamente con las del Amphilestes Broderipii, que se reconoce la mayor afinidad del Phascoloterium con el insectívoro oolítico; y por lo tanto, cualesquiera que sea la evidencia de marsupialidad que ofrezca este, puede considerarse como un justificante para que el Amphilestes y el Amphitherium sean incluidos en el grupo marsupial.

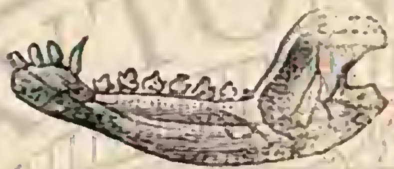


Fig. 106.—MANDIBULA DEL PHASCOLOTHERIUM

La semejanza que ofrece la mandíbula inferior y las dientes del Amphitherium y del Phascolotherium, con los géneros marsupiales confinados ahora en Australia y Tasmania, nos induce á reflexionar sobre la interesante relacion que existiria entre otros restos orgánicos de la oolita de Oxford y ciertas formas existentes en el continente austral y el mar que le rodea. En este último, por ejemplo, nada el Cestracion, ó tiburon de Puerto Jackson, que ha dado la llave para interpretar la naturaleza de ciertos fósiles de nuestras oolitas, reconocidos ahora como dientes de grandes formas congéneres de los peces cartilaginosos. Mr. Broderip observa que no deja de ser curioso notar que una especie moderna de Trigonia fué descubierta muy recientemente en la costa de Australia, en esa tierra clásica de los marsupiales, habiéndose encontrado el ejemplar confundido con numerosas conchas fósiles del género. No solo existen Trigonias, sino tambien Terebrátulas, y estas últimas muy abundantes, en los mares de Australia, donde sirven de alimento al Cestracion, como servirian seguramente las especies análogas para nutrir á los Plagiostomos de sólidos dientes, llamados Acrodos, Psammodos, etc. Las plantas cicadeas y las araucarias, así como las que se encontraron fósiles en las capas oolíticas, florecieron en el continente austral, donde abundan ahora los cuadrúpedos marsupiales; y con esto parece completarse el cuadro de la antigua condicion de la superficie de la tierra, que ha sido sustituida en nuestro hemisferio por otros estratos y un tipo superior de organizacion en los mamíferos.

GÉNERO STEREOGNATUS

Este mamífero, perteneciente á la caliza de Stonesfiel, presenta un tipo de dientes que difiere de todos los hallados en el período secundario, y parece haber sido un pequeño cuadrúpedo omnivoro. Es conocido por una parte de la mandíbula inferior, provista de tres molares; la corona del diente (fig. 107 B), de forma cuadrada, tiene tres milímetros de ancho por tres y medio de altura, y presenta seis puntas iguales, apareadas entre sí.

El lado exterior de la corona ofrece dos puntas principales ó conos y uno accesorio en la base, mas pequeño; son muy comprimidos, y están situados oblicuamente de modo que el posterior (*o'* figura 107) se halla en parte cubierto por el anterior *o*; los dos del centro *h i* tienen la base mas ancha por delante; los dos conos interiores *p p'* tienen la superficie interna convexa.

El tipo difiere de todos los demás observados en mamíferos recientes ó extinguidos; el que mas semejanza ofrece con él es el molar medio inferior (fig. 112 *m*, 2) de un pequeño herbívoro de la arcilla de Lóndres, conocido con el nombre de Pliolophus vulpiceps.

De la implantacion de los dientes por dos ó mas raíces se infiere que el fragmento que sirve de base al género es la mandíbula de un mamífero, pues ya se sabe que los mas de estos animales tienen dichos órganos fijos de este modo, sin contar que semejante implantacion compleja en el hueso no ha sido observada sino en esta clase.

El interés que excita el fósil de que tratamos no es debido exclusivamente á su antigüedad, sino tambien á sus relaciones como una prueba en Paleontología del actual valor de un solo diente para la determinacion de otras partes del organismo del animal. A juzgar por la semejanza que ofrecen los molares inferiores del Stereognatus con los del Pliolophus, que aunque no íntima, lo es mas que la que tienen con los dientes de ningun otro animal conocido, parece probable que aquel era animal de pezuñas, y de consiguiente herbívoro, ó que cuando menos observaba principalmente el régimen vegetal. Cuvier dijo, que «la primera cosa que debe hacerse en el estudio de un animal fósil es reconocer la forma de sus dientes molares, porque así se determina si es carnívoro ó herbívoro; y en este último caso es dado asegurarse hasta cierto punto del órden de herbívoros á que pertenece.» En el punto de que tratamos, la forma del diente molar de una mandíbula se reconoce claramente, pero no se determina por ella que el fósil proceda de un herbívoro; solo podemos inferir que es mas probable perteneciera á un animal de dicho grupo que á un insectívoro.

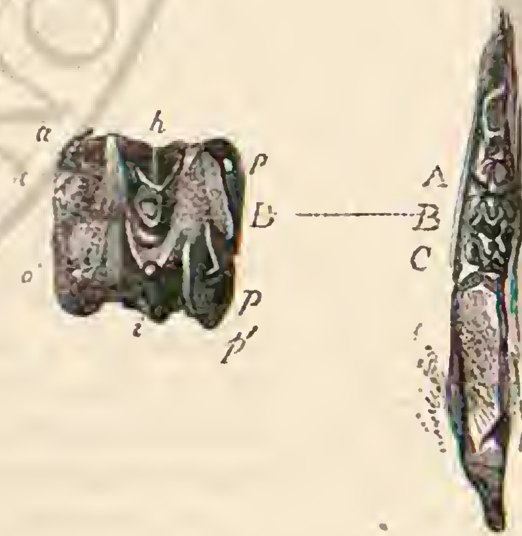


Fig. 107.—DIENTE Y PARTE DE LA MANDÍBULA INFERIOR DEL STEREOGNATUS

Admitiendo que fuese herbívoro, no debia ser animal de pezuña, pues no lo prueba nada en la forma y estructura del diente; pero estas últimas eran compatibles con el tipo de mamíferos herbívoros sin pezuña. El reducido tamaño del Stereognatus hace mas probable que fuese una forma diminutiva de ungulado; pero en vista de las muchas diversidades de forma del molar en los recientes y extinguidos cuadrúpedos insectívoros unguiculados, no es imposible que el Stereognatus haya pertenecido á dicho órden, toda vez que no se conoce ninguna ley fisiológica que á ello se oponga.

La forma de las puntas y su disposicion simétrica en el Stereognatus, comparada con las conocidas modificaciones de los molares en ciertas pequeñas formas extinguidas de cuadrúpedos de pezuña, es lo único que podria alegarse para opinar que pertenecia probablemente á la seccion de los Ungulados; pero nada se sabe tocante á la estructura de la familia de cuadrúpedos á que perteneció el Stereognatus. El tipo particular del diente puede haberse combinado con modificaciones del esqueleto tan distintas de las conocidas,

que hayan constituido una familia de marsupiales particular con un tipo de esqueleto tan diferente, como lo eran los que estudió Cuvier por induccion en el felino Carnicero y en el rumiante Herbívoro, estudio que le permitió enunciar la magnífica ley de la correlacion de formas y estructuras.

Ciertas coincidencias de forma y estructura en los cuerpos animales se determinan por la observacion; el ejercicio de una facultad superior permite descubrir las causas de estas coincidencias, que llegan á ser correlaciones; ó en otros términos, no solo se sabe su existencia, sino el cómo se relacionan entre sí. En el caso de las correlaciones propiamente dichas, el aplicarlas á la reconstruccion de una especie extinguida es mas fácil y seguro, que en el caso de coincidencias que se consideran como constantes solo porque se han observado muchos ejemplos. La aplicacion de estas últimas está limitado al número total de observaciones.

El conocimiento de esta limitacion indujo al enunciador de la ley de correlaciones á llamar expresamente la atencion de los paleontólogos sobre la extension en que aquella podria aplicarse, como por ejemplo, para determinar la clase, mas no el órden, ó bien este último, pero no la familia, el género, etc. Cuvier emite no obstante la opinion de que ciertas coincidencias deben reconocer una causa suficiente, y que una vez descubierta esta última, llegarán á ser correlaciones, elevándose á la categoría de una ley superior. Los que se dedican al estudio de la Anatomía comparada deberán fijarse mucho en este punto, y los resultados que obtengan contribuirán sin duda á que se aprecie todo el valor de la ley para la interpretacion de los restos fósiles, tal como la definió el ilustre fundador de la Paleontología.

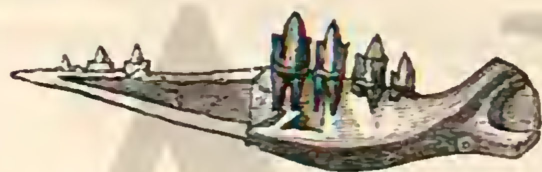


Fig. 108.—MANDIBULA DEL SPALACOTHERIUM TRICUSPIDENS



Fig. 109.—MANDIBULA DEL TRIGONODON MORDAX

GÉNERO SPALACOTHERIUM

El horizonte que cubre inmediatamente las mas antiguas oolitas en que se descubrieron restos de mamíferos, forma parte del terreno jurásico mas moderno de Purbeck, conocido con el nombre de capa margosa; y han sido descritos con el nombre de Spalacotherium tricuspidens. El ejemplar elegido aquí (fig. 108) para dar á conocer la especie consiste en una porcion de la mandíbula inferior; la mitad posterior contiene cuatro dientes, y en vez de presentar la estructura compuesta que esta parte de la mandíbula ofrece en la tribu de los lagartos, no está dividida; las coronas son largas y estrechas, y la parte interior se proyecta en una punta delante y detrás en la parte exterior. Cada uno de los dientes está fijo, por una base que se divide en dos raíces, en una cavidad bien marcada de la sustancia de la mandíbula. La corona multicuspidada, la raíz dividida, su implantacion compleja, y la estructura general, concurren pues á demostrar que el fósil era de mamífero. Otros ejemplares permitieron ver que el Spalacotherium tenia diez molares en cada rama de la mandíbula inferior, precedida de un pequeño canino é incisivos. Los molares anteriores son de forma comprimida; aumentan en altura y gruesos hasta el sexto, y desde el séptimo disminuyen de tamaño, reconociéndose siempre la condicion general de los molares de los pequeños mamíferos insectívoros. La modificacion particular de las puntas, en cuanto al número, posicion y tamaño ofrece cierta analogía con la que se observa en el Chrysochlora aurea; pero la denticion corresponde mejor á la del extinguido Amphitherium. El principal interés que tiene el descubrimiento del Spalacotherium consiste en el hecho de probar la existencia de los mamíferos entre el primitivo período oolítico y el mas antiguo terciario.



Fig. 110.—MANDIBULA DEL PLAGIAULAX BECCLESII

Así la caliza oolítica de Oxford como las capas conchíferas margosas de Purbeck presentan pruebas evidentes de la vida de los insectos, mas abundantemente en estas últimas. La asociacion de los delicados invertebrados con restos de plantas afines de las *Zamias* y de las *Cycas*, indica la misma íntima dependencia entre la clase de los insectos y el reino vegetal, del que nos permite ver tan magníficos ejemplos nuestra facultad de observar los fenómenos de la vida en la actual superficie de la tierra. Entre los enemigos de la clase de los insectos, destinados á evitar su excesiva multiplicacion, y organizados para perseguir á sus innumerables representantes en el aire, en el agua, en la tierra y debajo de ella, los murciélagos, los lagartos y las víboras desempeñan simultáneamente su mision en las mas cálidas latitudes, ó en las mismas localidades; y por lo tanto no debe extrañarse que los mamíferos y los lagartos cooperasen de consuno en los mismos parajes á limitar el demasiado aumento de los insectos durante el período de la formacion de las capas inferiores de Purbeck.

GÉNERO TRIGONODON

Trigonodon mordax.—Se ha propuesto este nombre para un pequeño mamífero zoófago, cuya distincion genérica se reconoce en la forma de las coronas de los molares de la mandíbula inferior (fig. 109) que consiste en tres conos casi iguales en la misma serie longitudinal, siendo el del centro muy poco mayor que los demás. El cóndilo convexo, que está debajo del nivel de los alvéolos, es pedunculado; la depresion que marca la insercion del músculo temporal se extiende casi hasta el borde inferior de la mandíbula.



Fig. 111.—MANDÍDULA DEL PLAGIAULAX MINOR

Distínguense vagos vestigios de tres incisivos rotos, y la punta de un aparente canino; luego se ven restos de dos raíces de un pequeño premolar, y despues la corona de un segundo premolar, que presenta un cono; á continuacion hay un gran premolar; la corona de este diente ofrece tambien un cono, y el órgano está un poco mas levantado que los otros, sin duda á causa de haber sido desalojado por los

otros molares, que figuran en número de tres presentando la estructura característica indicada antes. Los tres conos parecen corresponder á los tres medios ó principales de los molares del Amphilestes y del Phascolotherium.

La mandíbula inferior de esta especie, con relacion al cóndilo del borde inferior, se asemeja mas á la del Phascolotherium que á la del Amphiterium; pero difiere de ambas por no tener la misma curva gradual desde el cóndilo á la sínfisis, como la primera de dichas especies. Por los caractéres principales podemos deducir que el Triconodon era un género del órden de los marsupiales. El ejemplar fué descubierto por Mr. Beccles en la misma formacion de Purbeck en que se halló el Spalacotherium.

GÉNERO PLAGIAULAX

El mas notable hallazgo debido á Mr. Beccles, en la misma formacion, consiste en las mandíbulas de un mamífero que han servido de base para este género, del cual determinó dos especies el Dr. Falconer.

Plagiaulax Becclesii.—Dos ejemplares dieron á conocer la forma y proporciones de toda la mandíbula de esta especie (fig. 110). El diente mas anterior *(i)*, muy grande, afecta la forma de canino; pero está implantado por una gruesa raíz en la parte anterior de la mandíbula; los tres dientes anteriores presentan coronas cortantes y comprimidas, aumentando de tamaño desde el primero (2) hasta el tercero (4); siguen despues los alvéolos de dos dientes mucho mas pequeños, que segun se ha visto en otros ejemplares, tienen coronas tuberculadas semejantes á las de los Microlestes. El gran diente anterior del Plagiaulax es apropiado para atravesar, retener y matar la presa; y los siguientes, como los de los carniceros, se adaptan para cortar y dividir sustancias blandas. La mandíbula conviene con el carácter dentario; es corta en proporcion á su altura, y de consiguiente sólida, hallándose provista de un ancho coronoides *(b)* y de un gran músculo temporal. El cóndilo *(c)* es pedunculado, como en algunos marsupiales.

El ángulo mandibular no presenta proyeccion debajo del cóndilo, sino que se arquea ligeramente hácia dentro, como se observa en el tipo marsupial.

Plagiaulax minor.—En esta especie se conserva el primer premolar (fig. 111, *p*, 1); los demás (*p*, 2, 3 y 4) presentan la misma forma y proporciones que en el P. Becclesii; el primer molar (*m*, 1) tiene una ancha depresion en la superficie masticadora, rodeada de tubérculos, de los cuales hay tres en el borde exterior; los marginales del segundo molar son mas pequeños y numerosos.

Por la forma general y proporciones del gran premolar (*p*, 4) y de los molares sucesivos, el Plagiaulax se parece mas al Thylacoleo, marsupial extinguido mucho mayor, procedente de las capas terciarias de Australia; pero los dientes del Plagiaulax son mas profundamente acanalados. El premolar comprimido del kanguro rata tiene tambien estrías; pero afecta distinta forma; la posicion del cóndilo, la delgadez del coronoides, así como otros caractéres de la mandíbula inferior indican el régimen vegetal. En el Thylacoleo, el canino inferior, que se proyecta de la parte anterior de la mandíbula, se une con la sínfisis; el diente correspondiente del Plagiaulax se asemeja mas á él por su figura y situacion que al incisivo inferior del Hypsiprymnus. De este último género difiere el Plagiaulax por la oblicuidad de los surcos de sus premolares, y por tener solo dos verdaderos molares en vez de cuatro en cada rama de la mandíbula, así como por el ángulo saliente que forman las superficies del molar y premolar, y por estar muy bajo el cóndilo.

Dedúcese fisiológicamente de los indicados caractéres de la mandíbula inferior y diente del Plagiaulax, que este era un marsupial carnívoro, al que probablemente servirian de alimento los pequeños mamíferos insectívoros contemporáneos.

En el Museo de Cambridge hay un ejemplar de vértebras cervicales anquilosadas de un animal cetáceo del tamaño del Delfin, pero que ofrece diferencias específicas de todas las especies fósiles recientemente conocidas. Asegúrase que fué hallado en la arcilla parda, cerca de Ely; pero por su estado de petrificacion, por su color y gravedad específica difiere tanto de los verdaderos huesos de aquella formacion, asemejándose de tal modo á los fósiles de la arcilla de Kimmeridge, que solo induce á creer que fué arrastrado fuera de aquella formacion.

En las capas de la creta no se ha encontrado todavía resto alguno de la clase de los mamíferos.



Fig. 112.—CRÁNEO DEL PLIOLOPHUS VULPICEPS

Los ejemplares de mamíferos procedentes del terreno terciario mas antiguo son el Coryphodon y el Palæocyon, que representan respectivamente las modificaciones de los ungulados (herbívoros) y de los unguiculados (carnívoros), en una de las secciones de la clase (Gyrencephala): sus restos se hallaron en la arcilla plástica y en la equivalente formacion de Inglaterra y Francia.

GÉNERO CORYPHODON

Un fragmento de mandíbula, provisto solo de un diente, hallado en la costa de Essex, ha servido de base para establecer el género; pero este fósil ha sido uno de los que ofrecieron mas dudas al paleontólogo su fundador.

Un diente canino fósil, extraido de la arcilla plástica, durante los trabajos que se practicaban para abrir un pozo en Camberwell, cerca de Lóndres, y que se hallaba á ciento sesenta piés de profundidad, corresponde por su dimension (cerca de tres pulgadas de largo) á un gran cuadrúpedo. Atendido el grosor y la brevedad de su corona cónica, no debió ser de un mamífero carnívoro, sino de pezuña, asemejándose mucho aquella por la forma á la del canino de algunos corpulentos mamíferos tapiroidéos ya extinguidos, que Cuvier atribuyó á su género Lophiodon. Despues se ha demostrado que dicho diente fósil pertenece al Coryphodon.

El último molar mas bajo del Lophiodon tiene tres lóbulos; el molar correspondiente al Coryphodon se asemeja al del Tapir por la ausencia del tercero de aquellos, presentando dos divisiones en forma de surcos transversales ó eminencias; la del frente es la mayor, y tiene su borde casi entero; desde la extremidad exterior de cada division se continúa una prominencia oblicuamente; la anterior se extiende hasta el ángulo antero-interno de la base de la corona, y la posterior termina en el centro del espacio que hay entre

las dos principales divisiones del centro de aquella; la prominencia posterior presenta tres puntas, carácter que ha servido para adoptar el nombre genérico de Coryphodon

Algunos lofiodontoides fósiles de la arcilla plástica de Meudon, en Francia, pertenecen al género Coryphodon. Cuvier asegura que se encontró un esqueleto entero, que indicaba un animal tan grande como un toro; pero un molar inferior hallado en Harwich, y uno superior descubierto en Soissons, revelan que su tamaño seria al menos doble que el del Tapir americano.



Fig. 113.—DIENTES CAEDIZOS Y PERMANENTES DE LA MANDÍBULA SUPERIOR DEL HYRAX

El profesor Herbert ha descrito hace poco varios dientes y huesos hallados en los mas antiguos depósitos del eoceno en Francia, restos que atribuye á unas pequeñas especies del género Loriphodon; el último molar es idéntico por su forma al diente de la arcilla plástica de Essex, que sirvió de base primeramente para fundar el género.

GÉNERO PLIOLOPHUS

El ejemplar mas completo de un mamífero fósil de la arcilla de Lóndres es el Pliolophus vulpiceps: aunque herbívoro de pezuña, está provisto de un aparato dentario que no nos ofrece ninguna especie existente de mamífero.

Los caractéres del cráneo (fig. 112) determinan que la especie era de pezuña, indicando afinidades con los perissodáctilos, ó sea el órden de ungulados que tienen muchos dedos. La extension y bien definidos límites de las fosas temporales por las prominencias occipital (3), parietal (7) y postfrontal, y su libre comunicacion con las órbitas, suministran casi un carácter de animal carnívoro á esta parte del cráneo; pero á la manera de lo que se observa en el cerdo, la mayor expansion cerebral está en el centro y hácia la parte anterior de las fosas, con una contraccion hácia el occipucio. Los arcos cigomáticos no se ensanchan exteriormente tanto como en los carniceros. En esta parte de la estructura craneana, el Pliolophus se parece al Paleoterio mas que á los mamíferos existentes; pero los huesos post-frontales son mas largos y se inclinan mas hácia atrás. La órbita no está tan baja como en el paleoterio, el tapir y el rinoceronte, ni tan alta como en el hyrax ó el sus. El contorno recto y superior del cráneo (7 á 15) se asemeja al de los équidos, y difiere del contorno convexo de la misma parte en el anoploterio y paleoterio. El tamaño del orificio antorbital *(a)* no indica un desusado desarrollo del hocico ó del labio superior. En la conformacion de la abertura nasal por cuatro huesos (dos nasales, 15, y dos premaxilares, 22), el pliolofo se asemeja al caballo, al hirax y al anaploterio, difiriendo del rinoceronte, del tapir y del paleoterio, cuyos maxilares, así como los nasales y premaxilares, entran en la formacion de la fosa nasal huesosa externa.

El carácter de ungulado y herbívoro que ofrece el pliolophus se indica mas marcadamente por las modificaciones de la mandíbula inferior, y sobre todo por las dimensiones relativas de las partes de la rama ascendente. Por la figura de la mandíbula, el pliolophus se parece al tapir, entre los mamíferos existentes, y al paleoterio entre los extinguidos. Así como en las mas de las especies de los cuadrúpedos del eoceno descubiertos hasta aquí, el pliolophus ofrece el tipo dentario que se indica á continuacion:

$$i\,\frac{3\text{-}3}{3\text{-}3},\quad c\,\frac{1\text{-}1}{1\text{-}1},\quad p\,\frac{4\text{-}4}{4\text{-}4},\quad m\,\frac{3\ 3}{3\text{-}3} = 44$$

Estos símbolos significan que hay tres incisivos, un canino, cuatro premolares y tres molares á cada lado de las mandíbulas superior é inferior, formando un total de 44 dientes. Los incisivos son los dientes implantados en los huesos premaxilares (fig. 112, 22) y en la extremidad opuesta de la mandíbula; el canino es el diente que hay en el maxilar (21), mas cerca de la sutura con el 22 y suele ser largo y puntiagudo; los premolares son los dientes que hay en la parte anterior de la serie masticadora (fig. 113, *p*, 1, 2, 3, 4), así como los molares se hallan en la posterior. En todos los mamíferos no marsupiales que tienen dos series de dientes, los que se mudan y los permanentes, el total no excede del número indicado; pero solo en uno ó dos géneros, sus y gimnura, aparecen completos. Así, por ejemplo, en el hyrax faltan los caninos, y no hay sino un incisivo en cada premaxilar, aunque de gran tamaño. En los elefantes, el incisivo se convierte en colmillo; en el tapir falta el primer premolar; entre las especies existentes se notan otras modificaciones, debidas sobre todo á la falta de número; pero en los mas primitivos mamíferos placentales, el tipo dentario, tal como se formula en el pliolophus, era la regla, y se ha manifestado del modo siguiente:

GÉNEROS	FORMACIONES
Paleocyon.	Arenas de Bracheux (terciario ó algo mas antiguo).
Coryphodon.	Arcilla plástica (terciario inferior).
Pachynolophus.. . . .	Caliza basta media.
Lophioterium.	Margas lacustres de Alais (Gard).
Pliolophus.	Arcilla de Lóndres.
Hyracotherium.. . . .	Idem de idem.
Paleotherium..	Idem de Paris.
Anaplotherium.. . . .	Idem de idem.
Anchiterium.	Lignitos de la Debruge.
Dichobune.	Binstead.
Xiphodon.	Lignitos de la Debruge.
Dichodon..	Hordwell.
Microtherium.	Margas calizas lacustres de Puy de Dome.
Amphitragulus.. . . .	Margas lacustres de Velay.
Amphymerix.	Lignitos de Dubrege.
Dorcatherium.	Mioceno de Eppelsheim.
Chalicotherium.. . . .	Idem de idem
Aphelotherium.. . . .	Margas calizas de Barthelemy.
Anthracotherium.. . .	Idem miocenas de Moissac.
Hyopotamus..	Binstead y Hordwell.
Anchilophus.	Caliza basta de Batignolles.
Bothriodon..	Mioceno de Moissac.
Paleocherus.	Caliza lacustre de Cournon.
Cheropotamus.	Yeso de Paris.
Cheromorus.	Caliza lacustre de Sansan.
Proebotherium.. . . .	Eoceno del N. América.
Hippohyus..	Mioceno de Sewalik Hills.
Hippotherium.	Idem de Eppelsheim.
Hipparion.	Margas fluviátiles de Cucuron.

Hetorchys	Mioceno de Sewalik Hills.
Entelodon.	Lignitos del Soissonais.
Hycnodon.	Eoceno superior de Gard.
Pterodon.	Lignitos de Debruge.
Arctocyon.	Eoceno inferior de Vere.
Galethylax.	Yeso de Paris.
Amphicyon..	Mioceno de Sansan.
Cherotherium.	Idem del Bourbonnais.
Rhagatherium.	Eoceno de Mauremont (Suiza).

Los incisivos del Pliolophus son pequeños (fig. 112, *i*); los caninos *(c)*, de regular longitud, están separados por un hueso de los incisivos exteriores, y por otro intervalo mas prolongado de los primeros premolares *p*, 1. Los dientes masticadores aumentan de tamaño hasta el último molar, *m*, 3, de la mandíbula inferior, que tiene tres lóbulos.



Fig. 114.—VERDADEROS MOLARES DE LA MANDÍBULA SUPERIOR DEL PLIOLOPHUS

Fig. 115.—VERDADEROS MOLARES DE LA MANDÍBULA INFERIOR DEL PLIOLOPHUS

Fig. 116.—VERDADERO MOLAR DE LA MANDÍBULA INFERIOR DEL STEREOGNATUS OOLITICUS

En el último premolar de la mandíbula superior (figura 114, *p*, 4) los dos conos anteriores se asemejan á los de los verdaderos molares, pero la corona es triangular.

El primer molar (*m*, 1) presenta cuatro gruesos conos, dos internos y dos externos; el segundo (*m*, 2) es semejante, pero algo mayor que el primero; el tercer molar es mas estrecho por detrás que el *m*, 2.

El último premolar inferior (fig. 115, *p*, 4), la division y desarrollo del lóbulo anterior produce dos conos, uno externo *(a)* y otro interno *(b)*; el lóbulo posterior *(c)* presenta el rudimento de un segundo cono interno *(d)*.

El primer molar inferior (fig. 115, *m*, 1) tiene dos lóbulos anteriores y otros dos posteriores, con un surco oblicuo. El segundo molar (*m*, 2) indica un aumento de tamaño; pero su mas interesante modificacion es el desarrollo de un tubérculo (*e*) entre los dos lóbulos anteriores, formando tres conos en la misma línea trasversa, y repitiendo así el carácter del molar del Stereognathus (fig. 116, *e*). La denticion mas semejante á la que acabamos de indicar era la del extinguido Hyracotherium, otro fósil de la arcilla de Lóndres.

GÉNERO LOPHIODON

En el año 1800 anunció Cuvier por primera vez, el descubrimiento de los restos fósiles de un cuadrúpedo afine al tapir y de análogas dimensiones, procedente de los depósitos lacustres de la Montaña Negra, cerca de Issel, en el Languedoc. El incisivo externo de la mandíbula inferior era mas corto, para dejar sitio al correspondiente de la mandíbula superior, que era mas largo, como se observa en el tapir; los caninos ofrecian el mismo desarrollo proporcional; pero los tres premolares de la mandíbula inferior eran de estructura mas sencilla, con la corona comprimida y formando dos conos. En resúmen, una estructura cuyo tipo nos ofrece solo el primero de los tres premolares en el género Tapir.

Pasaron algunos años antes que Cuvier pudiese obtener clara evidencia de la estructura de los molares superiores de este nuevo mamífero fósil. Los dientes desprendidos que se obtuvieron en las formaciones de Issel fueron atribuidos, en vista de la diferencia que ofrecian con el tipo de los molares superiores del tapir, al género Rinoceronte, hecho que indica las afinidades del Lophiondon en la serie de los Perisodáctilos. Además de la forma, los molares superiores de aquel difieren, como los inferiores, comparados con los del tapir, por la mayor sencillez de los dos últimos premolares; estos dientes tienen en el Lophiodon un cono sencillo en el lado interno, al paso que en el tapir presentan dos. Por las modificaciones de estos dientes, el Lophiodon indica el tránsito al tipo del Rinoceronte, constituyendo el Paleoterio el grado siguiente.

GÉNERO PALÆOTHERIUM

Este extinguido género de cuadrúpedos fué restaurado por Cuvier, merced á una serie de admirables inducciones, confirmadas últimamente por el descubrimiento de un esqueleto casi entero. Los fósiles se han encontrado casi todos en la formacion del eoceno superior de Montmartre y otros puntos de Francia. Aunque los molares del Paleoterio (fig. 117) se asemejan por la forma á los del Rinoceronte, todo el aparato dentario conviene con el del Pliolophus por el número y la disposicion general de los dientes. El cráneo presenta indicaciones de que el animal tenia un hocico corto y flexible; en cada pié se contaban tres dedos, terminados por una pezuña, siendo mayor el del centro; el fémur presentaba un tercer trocánter, contándose veintiuna vértebras dorso-lumbares. Varias especies de paleoterio indican un tamaño que varía desde el del carnero al del caballo. La figura 117 representa la superficie masticadora de un molar superior de esta especie; la corona está dividida en su parte anterior *(f, b, d)* y posterior *(f, a, c)* por una hendidura *(e)*, que se continúa desde cerca del centro de la superficie interior de la corona. Cada una se subdivide parcialmente en lóbulos exteriores *(a, b)* é interiores *(c d)*; la division anterior por la expansion terminal *(i)* de la hendidura *(e)* y la posterior por la *(g)*. Los lóbulos *c* y *d* están bordeados en su base por un surco.

La fórmula dentaria del Paleoterio se puede expresar del modo siguiente:

$$i\frac{3\cdot3}{3\cdot3},\ c\frac{1\ 1}{1\cdot1},\ p\frac{4\cdot4}{4\cdot4},\ m\frac{3\cdot3}{3\cdot3}=44.$$

Los caninos son mas largos que los otros dientes, y hay por lo tanto huecos en la serie para que encajen las coronas de los primeros cuando la boca está cerrada.

GÉNERO ANOPLOTHERIUM

La fórmula dentaria de este género es la misma que en el Paleoterio y el Dichodon (fig. 119); ni el canino ni ningun otro diente se elevan sobre la superficie general; la de los molares se parece algo al tipo que vemos en el rumiante; en la mandíbula superior está dividida la corona en dos partes; la anterior está separada de la posterior por un espacio; otro semejante forma una depresion encorvada en cada division; y á la entrada de dicho espacio hay un gran tubérculo.

El Anoploterio (fig. 118) tenia formas mas graciosas que el Paleoterio; sus extremidades terminaban en dos dedos, y la última falange estaba envuelta en una pezuña. La especie restaurada (fig 118) venia á ser del tamaño del corzo, con una cola larga y fuerte; sus costumbres eran probablemente acuáticas. Algunas especies de Anoploteroideos, mas pequeñas y delicadas, procedentes del eoceno superior, hánse atribuido á géneros distintos por los modernos paleontólogos.

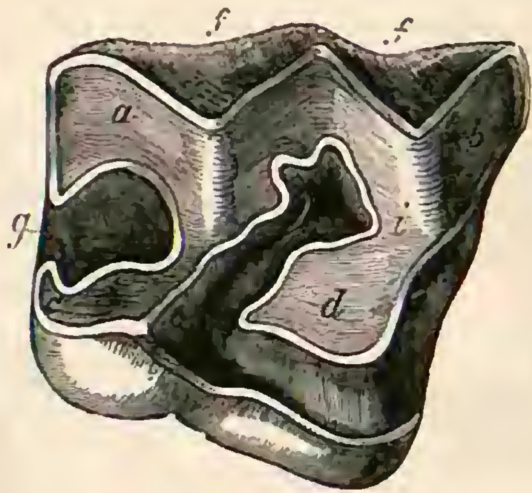


Fig. 117.—MOLAR SUPERIOR DEL PALÆOTHERIUM MAGNUM

Las investigaciones que hizo Cuvier para restaurar el Paleoterio y Anoploterio son seguramente las mas instructivas para el estudio de la ciencia.

GÉNERO DICHODON

Las capas del eoceno superior de Hampshire contienen restos de una forma extinguida de cuadrúpedo artiodáctilo de pezuña, muy interesante por ser de tránsito entre los Anoploteroidéos y los verdaderos rumiantes. Como en el Anoploterio, las series dentarias son continuas ó sin interrupcion, carácter que solo se manifiesta en el hombre entre los mamíferos existentes; las coronas de los dientes del Dichodon son todas casi de la misma altura que en la especie humana; á cada lado de las mandíbulas superior é inferior del Dichodon (fig. 119) hay tres incisivos (*i*, 1, 2, 3), un canino *(c)*, premolares (*p*, 1, 2, 3, 4) y tres verdaderos molares (*m*, 1, 2, 3), componiendo entre todos un total de cuarenta y cuatro dientes, que constituyen el tipo dentario del Diphiodon, que presentan tantos géneros de mamíferos al aparecer por vez primera en el horizonte eoceno. Se formuló del modo siguiente:

$$i\frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3},\ c\frac{1 \cdot 1}{1 \cdot 1},\ p\frac{4 \cdot 4}{4 \cdot 4},\ m\frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3} - 44.$$

Desde el primer incisivo al tercer premolar, los dientes tienen una corona mas ó menos cortante; en el primer premolar (*p* 1), en el segundo (*p* 2,) y en el tercero (*p* 3), la corona se extiende mucho de delante atrás, presentando tres puntas que se desarrollan mas progresivamente; el cuarto premolar (*p* 4) tiene la corona mas corta, y en los molares superiores propiamente dichos (*m*, 1, 2, 3) se ven dos pares de puntas muy agudas; las coronas de los molares inferiores (*m*, 1, 2, 3) son tan complejas como las de los otros; pero las puntas basales *(a, b, c, e)* se desarrollan desde el lado interior de la corona y no desde el exterior. En la parte superior de la figura 119 se indica el lado exterior de los verdaderos molares, del último premolar, del canino y de los incisivos. Al hacer lacomparacion con el molar del Anaploterio se observa que los lóbulos exteriores *(a, b)* que presenta el del Dichodon (fig. 120) son mas gruesos y agudos; los interiores *(c d)* ofrecen igual desarrollo que los exteriores. El espacio *(m)* se extiende á través de toda la anchura del diente, cruzándose en ángulos rectos el marcado con las letras *(g i)*.

La extinguida especie que presenta los citados caractéres, y en la cual se fundó el género, tenia casi el tamaño de un corzo, habiéndose designado con el nombre de Dichodon cuspidatus, por referencia al número de agudas puntas de los molares no desgastados. El aparato dentario indica que el alimento de la especie debia ser particular, y acaso no exclusivamente vegetal.

En la misma formacion del eoceno superior de Hampshire se han encontrado buenos ejemplares de algunos individuos mas pequeños de la extinguida familia de los Anoploteroideos.

GÉNERO XIPHODON

Cuvier indicó este género y propuso el nombre, para un pequeño y delicado anoploterio de formas prolongadas, llamándole primeramente Anoplotherium mediun; pero despues cambió esta denominacion por la de Anoplotherium gracile.

La distincion indicada por Cuvier se acepta hoy dia por los paleontólogos como genérica. Mr. Gervais agregó otra especie con el nombre de Xiphodon Geylensis. La fórmula dentaria de la especie típica es la siguiente:

$$i\frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3}\ \ c\frac{1 \cdot 1}{1 \cdot 1},\ \ p\frac{4 \cdot 4}{4 \cdot 4},\ m\frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3} = 44$$

Los dientes están dispuestos en series continuas en ambas mandíbulas: los caninos y los tres primeros premolares tienen las coronas mas anchas transversalmente, siendo mas cortantes que en el tipo anoploterio, de cuyo carácter se ha derivado el nombre de xiphodon, ó diente espada. Los piés son didáctilos, con metacarpos y metatarsos distintos; la cola corta; los verdaderos molares inferiores presentan dos pares de lóbulos con la convexidad vuelta hácia fuera. El género era afine al Dichodon.

GÉNERO DICHOBUNE

Este género, propuesto por Cuvier en la segunda edicion de su obra sobre los huesos fósiles para el Anoplotherium



Fig. 118.—ANOPLOTERIUM COMMUNE

minus, es muy afine al Xiphodon. La fórmula dentaria es la misma, solo que existe un ligero intervalo entre el canino y el primer premolar en ambas mandíbulas; los tres primeros premolares son muy comprimidos y cortantes, pero menos prolongados que en el Xiphodon. Además de los dos dedos normalmente desarrollados en cada pié, puede haber algunas veces uno ó dos suplementarios.

Una especie de este género (Dichobune ovina), fué fundada por Mr. Owen sobre una mandíbula inferior casi entera, con las series dentarias permanentes. Es del eoceno superior de Hampshire.

GÉNERO MICROTHERIUM

En el Museo Británico existen cráneos enteros del Microtherium, procedentes de las margas lacustres calizas de Puy-de-Dome: obsérvase en ellos que la division posterior de los verdaderos molares superiores presenta una tercera punta. El Microtherium no era de mayor tamaño que el de los delicados cervatillos de la India; pero diferia de los verdaderos rumiantes de la actualidad, ofreciendo el tipo mas general del mamífero por las series completas de incisivos.

La afinidad de los microterios con los cervatillos es no obstante muy íntima: si se trasladase la fuerza formativa de los pequeños incisivos superiores á los caninos contiguos, quedaria efectuado el tránsito. El estómago del rumiante se simplifica en el tragulus por la supresion del tercer saco; el

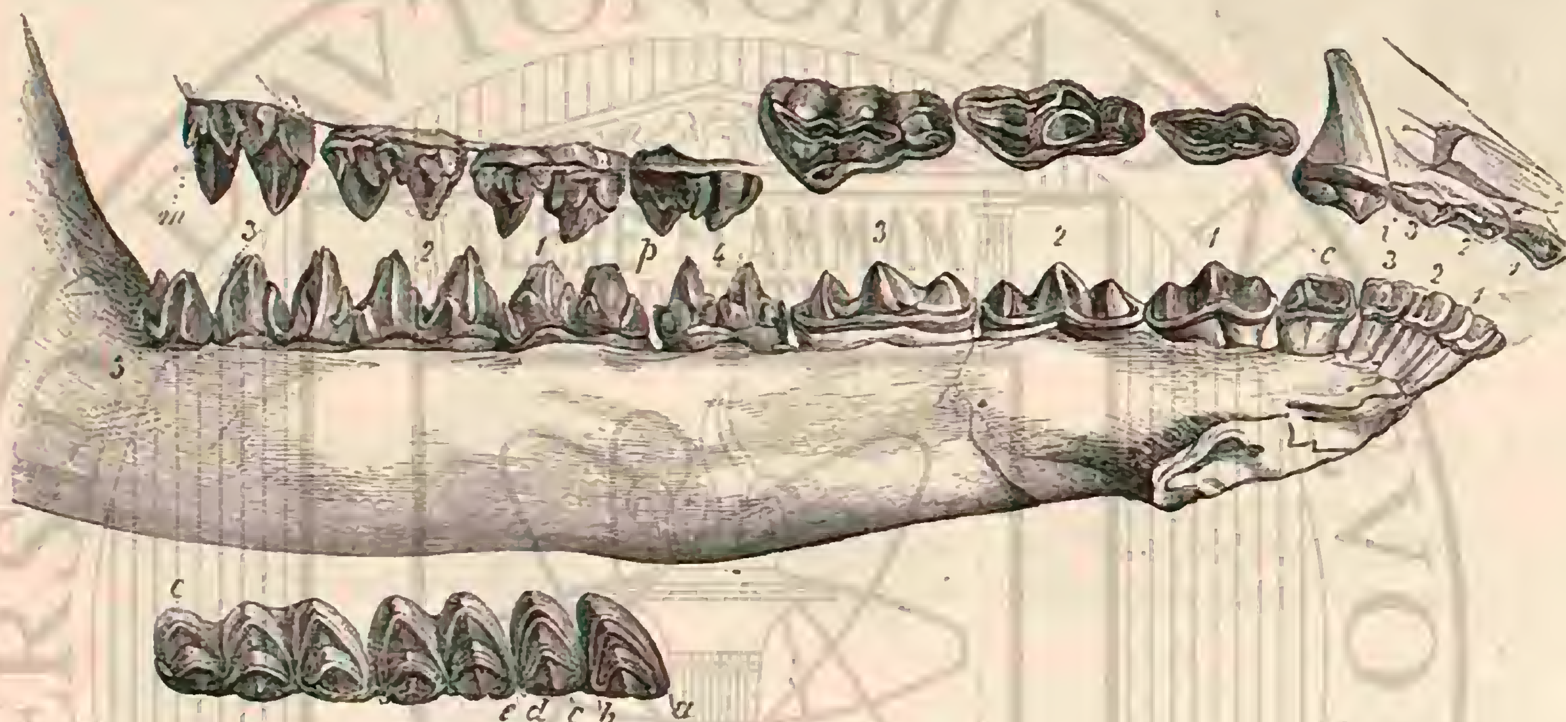


Fig. 119.—APARATO DENTARIO DEL DICHODON CUSPIDATUS

Fig. 120.—MOLAR SUPERIOR DEL DICHODON

estómago de los pequeños anoploterios, aunque conservando cierto grado de complexidad, podia haber sido mas sencillo. Las gradaciones de la denticion que presentan las citadas extinguidas especies, confirman el carácter artificial del órden de los rumiantes de los modernos sistemas, y el natural del mas considerable grupo que se ha propuesto designar con el nombre de artiodáctilos.

GÉNERO HYÆNODON

Con los delicados y bonitos herbívoros de los períodos eoceno superior é inferior coexistian cuadrúpedos carnívoros, que á juzgar por el carácter de sus afilados y agudos caninos, eran mas fieros y temibles que nuestros modernos tigres y lobos. De estos extinguidos carniceros, una especie del notable género hyænodon, de tamaño semejante al del leopardo, ha dejado sus restos en el eoceno superior de Horwell. La figura 121 representa la denticion de la mandíbula inferior de otra especie del mismo género hallada en las capas miocenas de Alais y Debruge, en Francia. Los caninos (*m*, 1, 2, 3) en vez de figurar en número de uno en cada rama de la mandíbula, como en los felinos modernos, ascendian á tres, adaptados igualmente, por su forma cortante, para funcionar como navajas sobre los dientes de la mandíbula superior, en el acto de cortar la carne. Despues de los pequeños incisivos habia un par de grandes caninos prensiles *(c)* seguidos de cuatro premolares comprimidos y puntiagudos á cada lado (*p*, 1, 2, 3, 4): el tipo dentario es el mismo de la fórmula ya indicada.

GÉNERO AMPHICYON

Con el predecesor de los digitígrados carnívoros se encontraba asociado un representante de la familia de los plantígrados: era una gran especie extinguida, cuyos molares tuberculosos se asemejaban á los del oso; pero conservando el tipo perfecto de la denticion difiodontida. La figura 122 representa los dientes de un lado de la mandíbula superior del Amphicyon giganteus. El primero y segundo molar (1 *m* y 2) ofrecen cada cual dos tubérculos en la parte exterior, y uno en la interior; el último molar tuberculoso (m 3) es muy pequeño. Los restos fósiles de este género se encontraron principalmente en los depósitos del mioceno en Sansans, en el sur de Francia.

Cuvier fué quien primero obtuvo pruebas de la abundancia de mamíferos del continente eoceno, en los restos fosili-

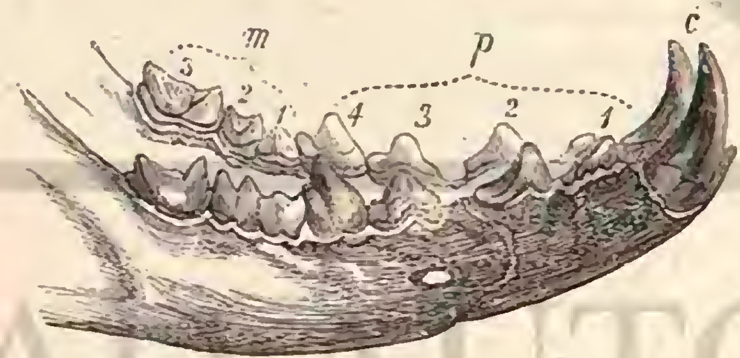


Fig. 121.—MANDÍBULA INFERIOR DEL HYÆNODON

zados de los depósitos que rellenan la enorme excavacion de la creta de Paris; pero las formas que el gran anatómico restauró eran todas nuevas y extrañas, específica, y las mas genéricamente distintas de las de todos los cuadrúpedos conocidos que ahora existen. Por estas restauraciones llegó á conocer primero aquel célebre naturalista el Anoploterio acuático de pezuñas, así como sus graciosos congéneres los Dichobunes y el Xiphodon, juntamente con los grandes paleotherium que podrian compararse á un Rinoceronte sin cuernos, el Lophiodon tapiroideo, el Chæropotamus, y otros muchos géneros y especies de mamíferos.

El Oposum de Montmartre (Didelphis Gypsorum) fué casi la única excepcion que ofreció la distribucion genérica entre estas formas eocenas y las modernas; descubrimiento

tanto mas notable, cuanto que todas las especies existentes conocidas de este género marsupial están confinadas ahora en América. Parece que un oposum estuvo asociado con el Hyracotherium en la formacion eocena de Suffolk, donde tambien se descubrió un animal con colmillos semejantes á los caninos del Chæropotamus, y varios restos de un mono (Eopithecus). Por lo que hace al Didelphis Gypsorum, sus relaciones genéricas se deducen de caractéres de la mandíbula inferior y de los dientes; pero estos se hallaban asociados con otras partes del esqueleto en la misma piedra. Cuando Cuvier manifestó su convencimiento de que el fósil era de la naturaleza del Oposum, á juzgar por las partes examinadas primeramente, sus contemporáneos científicos no le dieron crédito, pero no tardó en demostrarles la exactitud de su aserto. En la piedra que contenia la mandíbula y los dientes quedó al descubierto el contorno de la parte posterior de la pelvis, hallándose la anterior enterrada en ella; pero valiéndose Cuvier hábilmente de sus medios de exploracion, sacó á luz dicha parte, con dos huesos marsupiales (fig. 123 *a a*) en su posicion natural. De este modo demostró que en los depósitos de agua dulce habia permanecido enterrado, endureciéndose con el trascurso de los siglos en la caliza de construccion de Paris, un animal cuyo género es ahora propio de América. No deja de ser curioso tampoco observar que el Peccari, el animal existente mas afine al antiguo Chæropotamus, es asimismo, como el Oposum, peculiar de América; y que dos especies de tapir, las mas análogas entre las existentes, al Lophiodon y al Paleotherium, existen en el sur de aquel país.



Fig. 122.—MANDIBULA SUPERIOR DEL HYÆNODON

Los depósitos marinos de la época miocena presentan los restos de géneros extinguidos de delfines (Ziphius y Dioplodon), y de ballenas (Balænodon). Varios dientes petrificados de cetáceo, y huesos del oido llamados Cetatolitos (fig. 124), fueron arrastrados desde el primitivo yacimiento al crag rojo de Suffolk. Estos fósiles pertenecen á especies distintas de todos los cetáceos conocidos hoy dia, y que probablemente como algunos cuadrúpedos contemporáneos, presentaban caractéres cuyo desarrollo es embrionario y transitorio en los mamíferos afines de la actualidad. Los dientes de estos cetáceos fueron descritos en 1840, y los huesos de los oidos en 1843. El inmenso número de estos fósiles, que tienen gran cantidad de fosfato de cal, inclinó el ánimo del profesor Henslow á llamar la atencion de los químicos agricultores sobre el crag rojo, asegurándoles que era un depósito de riquísimo abono. En efecto, desde aquella época ha producido una gran cantidad que importaba miles de libras anualmente. El crag rojo se encuentra en masas desde Walton-on-Naze, en Essex, hasta Aldbro, en Suffolk, y se extiende desde la costa en un espacio de cinco á quince millas tierra adentro; el espesor de la formacion es de diez piés por lo general; pero en algunos sitios llega á cuarenta.

Los conocimientos que tenemos de la progresion de la vida de los mamíferos durante el período mioceno se derivan principalmente de los fósiles continentales. Estos nos enseñan que una ó dos de las formas genéricas mas comunes en el terreno terciario mas antiguo vagaban aun por la tierra; pero que el resto de los mamíferos del eoceno habian sido reemplazados por nuevas formas, algunas de las cuales presentan caractéres intermedios entre las de los géneros del eoceno y del plioceno. El Dinoterio y el Mastodonte, por ejemplo, acortan la distancia que media entre el Lophiodon y el Elefante; el Antracotherium y el Hippoligus, la que hay entre el Chæropotamus y el Hippopotamus; el Acerotherium era el eslabon que unia al Paleotherium con el Rinoceronte; y el Hippotherium constituia el tránsito del Paloplotherium al Caballo.

Una de las mas extraordinarias formas extinguidas del órden de los cetáceos fué restaurada á favor de unos restos fósiles descubiertos en las formaciones del período mioceno en Europa y la América del Norte. Los dientes de esta ballena carnívora, para la cual parece ahora generalmente aceptado el nombre de Zeuglodon, fueron primeramente descritos y figurados por el paleontólogo Scilla en su obra titulada *De Corporibus Marinis*, y desde entonces han sido objeto de diversas interpretaciones. Los restos se hallaron en el terreno mioceno de Malta, y se conservan ahora en el Museo de Cambridge.

Mr. Harlan describió y figuró asimismo los restos de una especie gigantesca del mismo género, descubiertos en las formaciones miocenas de Arkansas, en el Mississippí, á los cuales consideró como procedentes de un reptil, dándole el nombre de Basilosaurus. Varios dientes de una especie mas pequeña, hallados por Mr. Grateloup en las capas del mioceno de la Gironda y Herault, fueron atribuidos por dicho autor á un reptil que llamó Squalodon. En 1839 llevó á Lóndres Mr. Harlan los restos del Basilosaurus; y sometidos á la inspeccion de Mr. Owen, clasificáronse como de mamífero cetáceo. Despues se obtuvo el esqueleto entero en los depósitos del mioceno de Alabama, reconociéndose entonces que el cuerpo tendria al menos setenta piés de largo. El cráneo es largo y estrecho; las mandíbulas están armadas de dientes de dos clases, muy espaciados; los anteriores tienen coronas cónicas, muy comprimidas, ligeramente encorvadas; y están fijos por una raiz sencilla; los posteriores son mas grandes, con la corona mas extendida longitudinalmente (figura 125) y la punta mas obtusa; esta corona se contrae



Fig. 123.—PELVIS Y HUESOS MARSUPIALES DEL DIDELPHIS GIPSORUM



Fig. 124.—CETATOLITO Ó HUESO FÓSIL DEL OIDO DEL BALÆNODON GIBBOSUS.

lateralmente en el centro de su base, de modo que comunica á su seccion transversa la forma de un reloj de arena (figura 126); mientras que los surcos longitudinales opuestos se profundizan mas á medida que la corona se aproxima al alvéolo, donde se encuentran y dividen la raíz en dos partes. El nombre de Zeuglodon se refiere precisamente á esta estructura particular. La manera de sucederse los dientes en este género está mas conforme con lo que se observa generalmente en los mamíferos, que con lo que se nota en los



Fig. 125.—DIENTES PERMANENTES Y CAEDIZOS DEL ZEUGLODON

cetáceos carnívoros existentes. En la figura dada por el doctor Carus, representando una parte de la mandíbula del Zeuglodon cetoides, se ve el molar *a* que va á ser desalojado y sustituido por otro en sentido vertical, manera de sucederse que afecta á ciertos dientes de los cetáceos herbívoros. Por sus caractéres sistemáticos, el Zeuglodon podia servir de tipo á una familia distinta ó grupo que seria el tránsito de los cetáceos á los sirenios.

De esta última familia ú órden, representada hoy dia por los Dugongs y los Manatís, contábanse muchos representantes, y mas extensamente distribuidos, durante el período mioceno, teniendo los mas la mayor afinidad con la especie africana existente que llaman Manatus Senagalensis, aunque ofreciendo asociados los caractéres del Dugong (Halicore). En la mandíbula superior veíanse, por ejemplo, dos incisivos, y cuatro ó cinco pequeños á lo largo de cada rama de la inferior; los molares superiores, con tres raíces, estaban revestidos de un grueso esmalte, parecidos á los del Manatí y hasta cierto punto á los del Hipopótamo segun creia Cuvier; los inferiores presentaban dos raíces. Todos los huesos tienen la estructura sólida de los sirenios. Con los restos de este notable mamífero anfibio, descubierto en las capas miocenas de Eppelsheim, Koup fundó el género Halitherium. Otros han sido hallados en el Piamonte y en varios puntos de Francia, particularmente en la caliza basta, ó mejor en el Fahlun de la Gironda, donde habia Lofiodontes fósiles, hasta el plioceno cerca de Montpeller, en cuyo período parece que se extingnió el Haliterio.

GÉNERO MACROTHERIUM

El órden de los desdentados, que tan numerosos y variados representantes tiene en la América del Sur, no cuenta con ninguno existente en Europa. Un individuo de este órden era por consiguiente, la mas inesperada forma de mamífero que podian ofrecer los restos fósiles de los depósitos terciarios de Europa despues de un marsupial. Cuvier, por quien primero se dió á conocer la existencia de este animal extinguido, comienza su descripcion del mutilado hueso que habia encontrado, y en que fundó el género, con las siguientes palabras: «Nada prueba mejor la importancia de las leyes de la osteología comparada, como las consecuencias que legítimamente se deducen de la inspeccion de un sencillo fragmento.»

La sola falange ungueal mutilada en que fundó Cuvier sus deducciones respecto á la especie en cuestion, fué descubierta, asociada con restos de mastodonte, rinoceronte, dinoterio y tapir, en una formacion cerca de Eppelsheim, que segun se ha visto despues, pertenece á la division miocena del terreno terciario. Esta falange ofrece dos caractéres distintivos del órden de los desdentados: 1.° La superficie posterior para la articulacion con la antepenúltima falange consiste en una doble polea, hueca lateralmente, con una cresta saliente, constituyendo la sólida articulacion peculiar de ciertos desdentados.—2.° El arco cóncavo formado por dicha polea se encorva mas hácia atrás en su parte superior, lo cual impediria que la garra se contrajese hácia arriba como en los gatos, siendo la flexion hácia abajo; y de consiguiente debe haber pertenecido la falange á un cuadrúpedo desdentado. A dichos caractéres se agregan otros dos que, segun Cuvier, determinan el género: las especies de mirmecófagos tienen en la parte superior de la extremidad aguda de la falange de la garra una cavidad ó canal que indica tendencia á la bifurcacion; esta es completa en la especie de Manis, extendiéndose la hendidura hasta el centro del hueso de la garra, y así sucede en el fósil. El hueso fósil de que tratamos no tiene homólogo en la naturaleza existente sino en los del pangolin (manis); y segun todas las leyes de co-existencia, no se puede menos de reconocer las mas marcadas relaciones del animal á que perteneció con este género de cuadrúpedos. Pero ¿cuál era su tamaño? La falange no era de las mayores del pié, pues no tenia esos ligeros bordes levantados que vemos en los grandes huesos de las garras del pangolin; y Cuvier sacó su deduccion por las proporciones del pangolin de cola corta, atribuyendo á la especie veinticuatro piés de largo; pero otros huesos del esqueleto, hallados posteriormente en Francia, indican mas moderadas dimensiones; el descubrimiento rectifica asimismo la absoluta aplicacion de la ley correlativa para determinar el género, así como el órden. Los fósiles adicionales, y sobre todo algunos dientes, han demostrado que el macrotherium pertenecia á un género particular, ahora extinguido, intermedio entre los pangolines y los oricteropos. Estas relaciones son mas interesantes, si se tiene en cuenta la posicion geográfica de ambos géneros desdentados en espacios de terreno que están ahora muy contiguos al continente donde se hallan los restos del género extinguido. La formacion es un depósito lacustre del período mioceno, y la localidad Sansans cerca de Auch (departamento de Gers, Altos Pirineos).

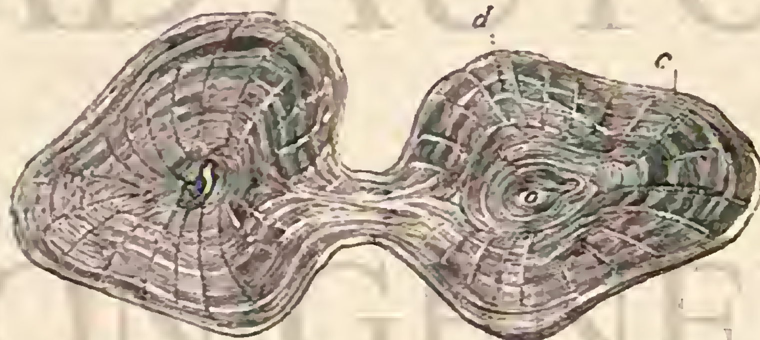


Fig. 126.—CORTE TRASVERSAL DE UN DIENTE DEL ZEUGLODON

Allí se encontraron partes de dos molares de una pulgada y ocho líneas en su mayor diámetro transverso: por su figura se asemejan á los del oricteropo; pero no son tan regulares. El húmero difiere del de los hormigueros y armadillos por su mayor longitud en proporcion á la anchura, ofreciendo analogía con el de los megaterioides por el aplanamiento de

la extremidad. El radio es mas corto que el húmero, como en el pangolin y el oricteropo; el fémur es relativamente mas largo y delgado que el de los desdentados fósiles; no existe el tercer trocánter, y el grande y el pequeño no presentan tanto desarrollo como en el pangolin. La tibia es mucho mas corta que el fémur, y por la expansion de su extremidad, y su longitud proporcionada á la de este, se asemeja á la de los megaterioides mas que á la del pangolin ú oricteropo. No estaba anquilosada á la tibia como en los armadillos, gliptodon y megaterio, sino que se conservaba distinta como en el milodon.

En el mioceno del sur de Francia, análogo al que contenia el macroterio, se han hallado restos fósiles de dos clases de cuadrumanos que se asemejan á una gran especie de hilobates.

GÉNERO PLIOPITHECUS

El mas pequeño de estos monos extinguidos (Pliopithecus antiquus) está basado en la mandíbula inferior y en el aparato dentario. Los dientes ocupan un espacio de pulgada y media; los dos incisivos son mas estrechos, y el último molar



Fig. 127.—CRÁNEO DEL DINOTHERIUM GIGANTEUM

mas grande que el del siamang: como en esta especie, el primer premolar es de una punta, y el lóbulo posterior del segundo sobresale mas que en el chimpanzé y el gorila; por el desarrollo del tercer lóbulo del último molar inferior se asemeja el Pliopiteco á los semnopitecos y á los innus.

GÉNERO DRYOPITHECUS

En el mono mas grande de la formacion miocena (Dryopithecus Fontani) el canino es relativamente mayor que en el hylobates, y los incisivos, á juzgar por sus alvéolos, relativamente mas estrechos que en el chimpanzé y en el hombre. El lóbulo interior del primer premolar es mas rudimentario que en el chimpanzé, y se aleja proporcionalmente del tipo humano; el lóbulo posterior del segundo premolar ofrece mas desarrollo, y por lo tanto se parece mas al segundo del siamang y menos al del hombre. El canino tiene una posicion mas vertical que en el troglodytes ó el pythecus; pero tambien presentan este carácter algunos de los pequeños monos de la América del Sur. A juzgar por la porcion del húmero asociado con la mandíbula del Driopiteco, el brazo parece haber sido proporcionalmente mas largo y delgado que en el chimpanzé y el gorila, asemejándose por lo tanto mucho menos al del hombre.

GÉNERO MESOPITHECUS

En las formaciones terciarias de Grecia se han hallado restos de un cuadrumano, que el profesor Wagner considera como un tránsito entre el Hylobates y Semnopithecus: el tercer lóbulo del último molar está, sin embargo, tan bien desarrollado como en el género anterior.

GÉNERO SEMNOPITHECUS

A este género pertenecen las mandíbulas petrificadas y dientes que se descubrieron en el mas antiguo plioceno, ó mioceno de las colinas de Himalaya, restos encontrados en 1836 por Durand y Baker.

En los depósitos pliocenos de Montpeller se hallan restos de un mono, atribuidos por Cristol al Cercopiteo; y en el plioceno de Essex se ha reconocido parte de la mandíbula fósil y los dientes de un Macaco.

GÉNERO DINOTHERIUM

Kaup aplicó este nombre, en vista de la forma singular de una parte de mandíbula inferior, al enorme mamífero bilofodontido que primeramente dió á conocer Cuvier con la denominacion de Tapir gigantesco. La longitud del cráneo es de tres piés ocho pulgadas, y los dientes, sin contar los dos grandes colmillos de la mandíbula inferior, figuran en número de cinco á cada lado de ambas mandíbulas. Un estudio de los cambios de la denticion en los fósiles de individuos jóvenes demuestra que los dos primeros dientes corresponden al tercero y cuarto premolares. Por la forma general del cráneo y el aspecto de las fosas nasales, el Dinoterio se asemeja al Manatí; pero se han hallado asociados con los dientes varios huesos de las extremidades, que indican que el Dinoterio era un cuadrúpedo de pezuña, probablemente de costumbres acuáticas. Acaso fuese una especie de tránsito entre los grandes lofiodones y los enormes proboscideos. Los restos de este género se descubrieron en los depósitos del mioceno de Alemania, Francia, Suiza y el golfo de Cambaya.

GÉNERO MASTODON

El mas primitivo resto de este género de mamífero elefantoideo se reconoció en el terciario mioceno, y constituye una especie en que la parte anterior de la mandíbula inferior presentaba dos profundos alvéolos ocupados por colmillos. Esta especie de Mastodonte, descubierta en el mioceno de Eppelsheim, fué designada por Kaup con el nombre de longirostris; pero despues reconoció que era la misma llamada anteriormente Mastodon arvensis. Ambas pertenecen á la seccion en que el primero y segundo verdaderos molares presentan cuatro prominencias transversas, y para las cuales propuso el Dr. Falconer el nombre de Tetralophodon. En los depósitos terciarios mas modernos de la América del Norte se han recogido restos de otra especie de Mastodonte (M. Ohioticus), en que las prominencias de los dientes se asemejan mas á las del Dinoterio; la mandíbula inferior está provista de dos colmillos en los individuos jóvenes de ambos sexos; la hembra los pierde pronto, pero el macho conserva uno.

En los depósitos del plioceno de Asti, en el Piamonte, se descubrió un esqueleto casi entero de Mastodonte (M. turicensis): la longitud total desde la cola hasta la extremidad de los colmillos, es de diez y siete piés. Los dientes tienen la misma estrecha forma y estructura mamelonada que ofrece el M. arvensis; pero en el carácter numérico de las divisiones transversas de la corona se asemeja esta especie mas al M. Ohioticus.

Los Mastodontes eran elefantes cuyos dientes masticadores tenian la estructura menos compleja, y adaptados para triturar sustancias vegetales mas duras: la superficie de los molares (fig. 129) estaba dividida en surcos transversos, presentando además pequeños conos mas ó menos semejantes á los pezones de una vaca, de cuyo carácter se deriva el nombre genérico. Otra modificacion mas importante parecia caracterizar al extinguido género en cuanto á la estructura de los molares; la principal sustancia de la corona del diente (figura 129 *d*) está cubierta por una espesa capa de esmalte denso (*e*); y otra mas delgada de cemento se corre sobre la corona del diente; pero esta sustancia no llena los huecos de las divisiones de aquella como sucede en el elefante (fig. 133). Tal es al menos el carácter de los molares de las dos especies de Mastodontes que Cuvier denominó Mastodon giganteus y Mastodon angustidens.

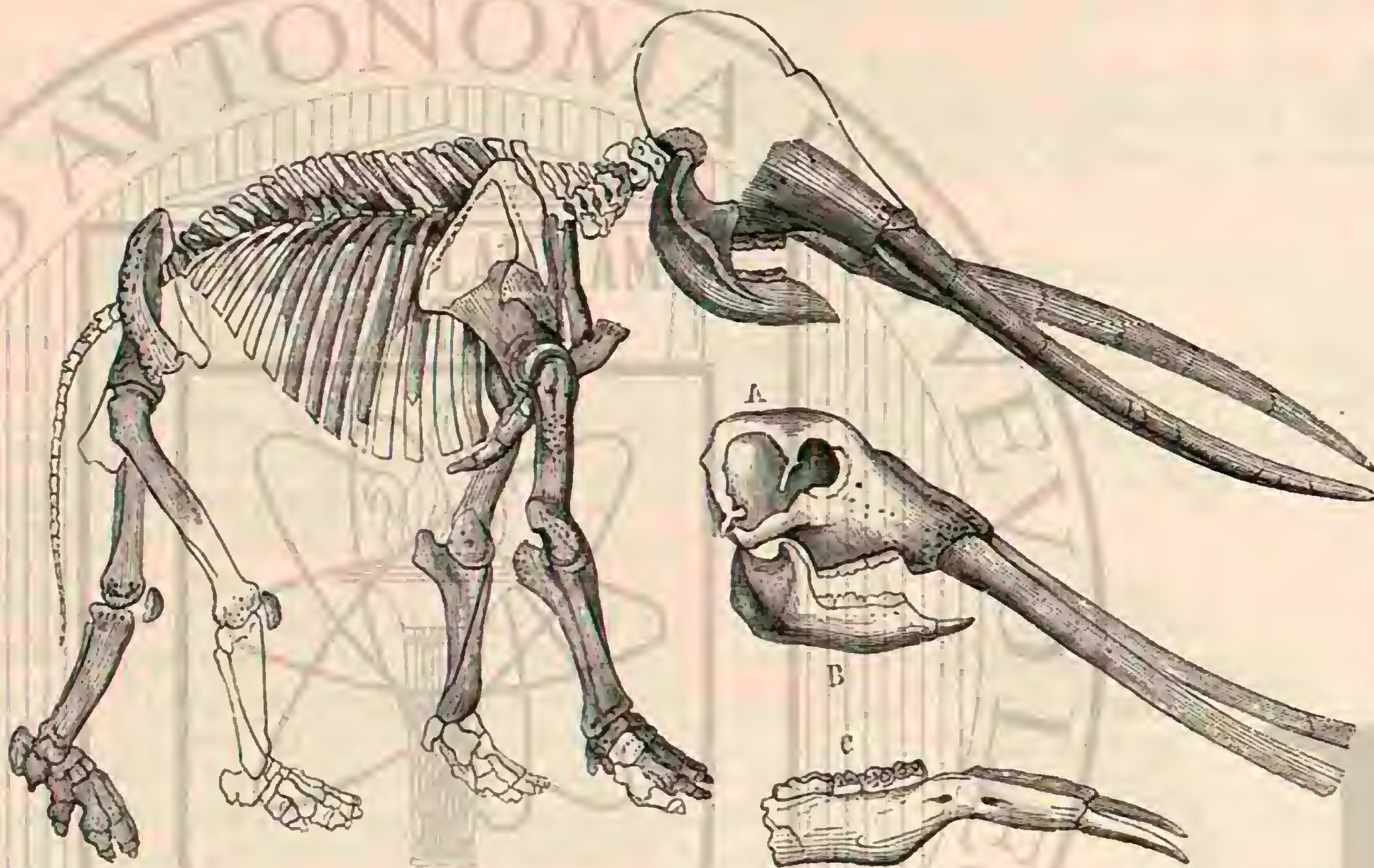


Fig. 128.—MASTODON TURICENSIS—A, B, M. OHIOTICUS—C, M. LONGIROSTRIS

Los restos fósiles de Proboscídeos se han hallado principalmente en los depósitos terciarios del Asia tropical, reconociéndose en ellos, por el número y profundidad de las hendiduras de la corona de los molares, los caractéres de tránsito entre los dientes tuberculados del elefante, y los molares mamelonados de los Mastodontes típicos.



Fig. 129.—MOLAR SUPERIOR DEL MASTODON AVERNENSIS

En los Proboscídeos en que el aparato dentario se aproxima mas al típico se cuentan treinta y cuatro dientes; á saber: en la mandíbula superior dos incisivos temporales, seguidos de otros tantos permanentes, desarrollados como colmillos; seis molares temporales (tres á cada lado, *d* 2, 3, 4, fig. 130) dos premolares (uno á cada lado, *p* 3, fig. 130) y seis verdaderos molares (tres á cada lado, *m* 1, 2, 3, figs. 130 y 131). En la mandíbula inferior se cuentan dos incisivos (no se sabe si precedidos de temporales), molares y premolares como en la mandíbula superior.

El animal elefantoideo Mastodon longirostris, de Kaup, y el Mastodon angustidens, de Cuvier, que presentaban este aparato dentario de la familia de los proboscídeos, habitaban en otro tiempo en la extension que ahora ocupan Inglaterra, Francia, Italia y Alemania. Los primeros estudios de la denticion se debieron á Cuvier, que dió á una especie el nombre de Mastodonte de dientes estrechos, (Mastodon angustidens) denominacion que empleó en vista de la menor anchura de la corona de dichos órganos, comparados con la especie de la América del Norte, descrita anteriormente con el nombre de M. giganteus y M. Ohioticus.

En los cuadrúpedos proboscídeos se ve que los molares, aumentando gradualmente de tamaño y los mas en complexidad, se siguen uno á otro de delante atrás con mayores intervalos que en los otros cuadrúpedos, no apareciendo nunca la serie simultánea; en todos los períodos funcionan solo tres á la vez en un lado de cada mandíbula; todos los molares, excepto el penúltimo, se pierden hácia la época en

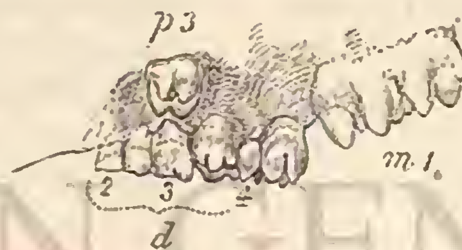


Fig. 130.—DIENTES CAEDIZOS DEL MASTODON LONGIROSTRIS

que la corona del último ha cortado la encía, quedando al fin reducida la denticion á tres molares á cada lado de las mandíbulas; comunmente desaparecen tambien los colmillos inferiores, como en el antiguo Mastodon turicensis, de los depósitos terciarios del Po, descrito y figurado por Sismonda.

El género estaba representado por especies distribuidas

desde los depósitos miocenos hasta los del plioceno superior; sus representantes eran cosmopolitas en las latitudes tropicales y templadas. El tránsito que se observa desde el tipo dentario mastodonte al elefantino, es muy gradual.

GÉNERO ELEFANTE

La última forma de verdadero elefante que existió en las latitudes templadas era la que Blumenbach llamó primigenius, que es el Mammuth de los coleccionistas de Siberia que se dedicaban á buscar colmillos. Sus restos se encuentran principal, si no exclusivamente, en los depósitos post-pliocenos, y hasta se descubrieron en los turbales que hay cerca de Holyhead. Sus dientes posteriores son mas anchos, y tienen mas numerosas láminas transversales y prominencias que en los otros elefantes. En las especies existentes de la India, los molares son relativamente mas estrechos, las láminas no tan numerosas, y su borde esmaltado presenta una franja. En el elefante africano, las láminas ó placas figuran aun en menor número, son relativamente mas grandes, y se extienden de tal modo por el centro, que afectan la forma de rombo. El Elephas priscus, de las capas del plioceno de Europa, tiene molares muy parecidos á los de la especie africana de hoy dia. Los colmillos del elefante, como los del mastodonte, son de verdadero marfil, que presenta, cuando se da un corte transverso, numerosas estrías que proceden,

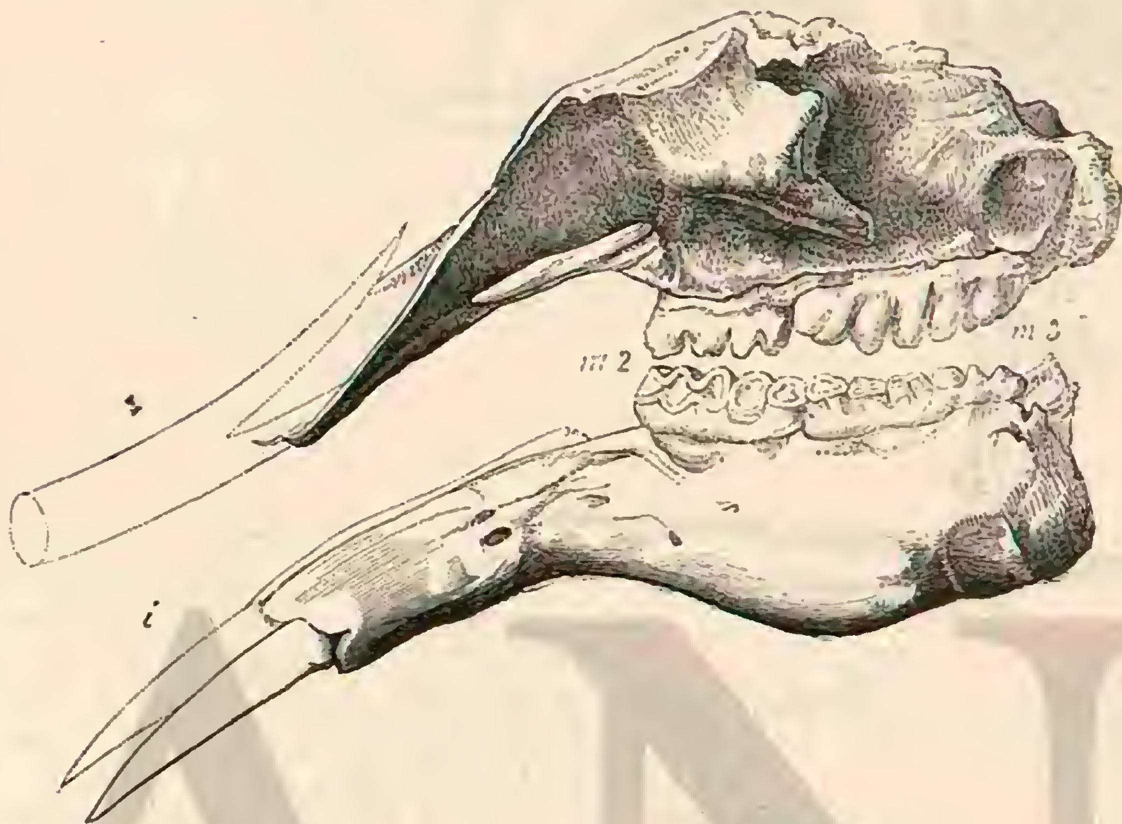


Fig. 132.—APARATO DENTARIO DEL ANTIGUO MASTODON LONGIROSTRIS

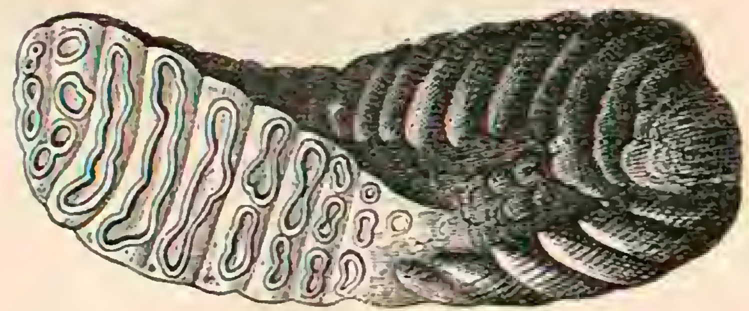


Fig. 135.—MOLAR SUPERIOR DEL ELEFANTE ASIÁTICO



Fig. 133.—MOLAR INFERIOR DEL ELEFANTE ASIÁTICO

en un arco de círculo, del centro á la circunferencia, en opuestas direcciones, formando dibujos curvilíneos. El carácter es importante para la determinacion de fragmentos de colmillos fósiles.

Los del extinguido Elephas primigenius presentan una curvatura mas pronunciada y extensa que los del Elephas indicus; se han encontrado algunos que describen un círculo, pero siendo la curva oblicua, dejan la cabeza al descubierto y apuntan hácia fuera ó hácia abajo. Los numerosos colmillos fósiles de Mammuth descubiertos hasta aquí, pueden dividirse en dos clases por lo que hace á su tamaño: los mayores miden de ordinario nueve piés y medio de longitud, y los menores cinco y medio; pero hay motivos para creer que estos últimos pertenecen á las hembras, que deben haber diferido del actual elefante de la India, asemejándose mas al de Africa por el desarrollo de dichos órganos. De los colmillos atribuidos á la hembra de Mammuth, uno que se encontró en los mas nuevos depósitos terciarios de Essex media nueve piés diez pulgadas en la curva exterior, y dos piés cinco pulgadas de circunferencia en la parte mas gruesa; otro, procedente de la Bahía de Eschscholtz, tenia nueve piés dos pulgadas de largo, y pesaba ciento sesenta libras; y por último, el que se halló en Dungeness media once piés de longitud. En muchos ejemplares se observó que el marfil estaba tan poco alterado, que se pudo utilizar para el comercio; los colmillos de Mammuth, mejor conservados aun en la formacion glacial de Siberia, se explotan en gran número para beneficiarlos.

En un ejemplar del extinguido elefante indio, conservado en el Museo Británico, los colmillos miden diez piés y seis pulgadas de longitud, y á causa de la poca curvatura se proyectan ocho piés frente á la cabeza; su aparente desproporcion con la dimension del cráneo es verdaderamente extraordinaria, y representa el máximum del desarrollo dentario.

El Mammuth se conoce mejor que la mayor parte de los otros animales que se extinguieron, gracias al descubrimiento de un ejemplar entero que se conservaba en una gran masa de hielo en la embocadura del rio Lena en Siberia. La piel estaba revestida de una especie de pelusa rojiza y de largos pelos negros. En este ejemplar, que se conserva en San Petersburgo, el esqueleto mide desde la parte anterior del cráneo á la extremidad de la mutilada cola, diez y seis piés y cuatro pulgadas; la altura hasta el centro de la espina dorsal es de nueve piés cuatro pulgadas; y los colmillos tienen nueve y seis respectivamente de largo. Algunas partes de la piel de la cabeza, la pupila, y el fuerte ligamento de la nuca, así como los dientes y las pezuñas, permanecen fijos en el esqueleto. Estos gigantescos elefantes, adaptados para resistir un riguroso clima, se alimentaban de ramas y follaje de los pinos del Norte, de los abedules, etc.; y es probable que durante el corto verano del país emigraran á una localidad mas fria, como su contemporáneo el búfalo almizclero, que aun habita en los 70° de latitud norte, retirándose durante el invierno á paises mas templados. El Mammuth fué precedido en Europa por otras especies de elefantes, tales como el Elephas priscus y el Elephas meridionalis, que durante el período plioceno no parecen haber traspasado las latitudes templadas.

El Mammuth parece haber tenido una distribucion geo-

gráfica mas extensa que la de ningun otro elefante extinguido. Sus restos se han hallado en las islas Británicas, en la Europa continental, el Mediterráneo, Siberia, y una gran parte de la América del Norte, donde coexistió no solo con el gigantesco Mastodon ohioticus, sino tambien con una segunda especie de verdadero elefante (elephas texianus), cuyos dientes eran mas apropiados para el régimen vegetal. Las especies de hoy dia están confinadas al Asia y Africa.

GÉNERO RHINOCEROS

El rinoceronte, como el elefante, se hallaba representado durante el período plioceno, en las latitudes templadas y

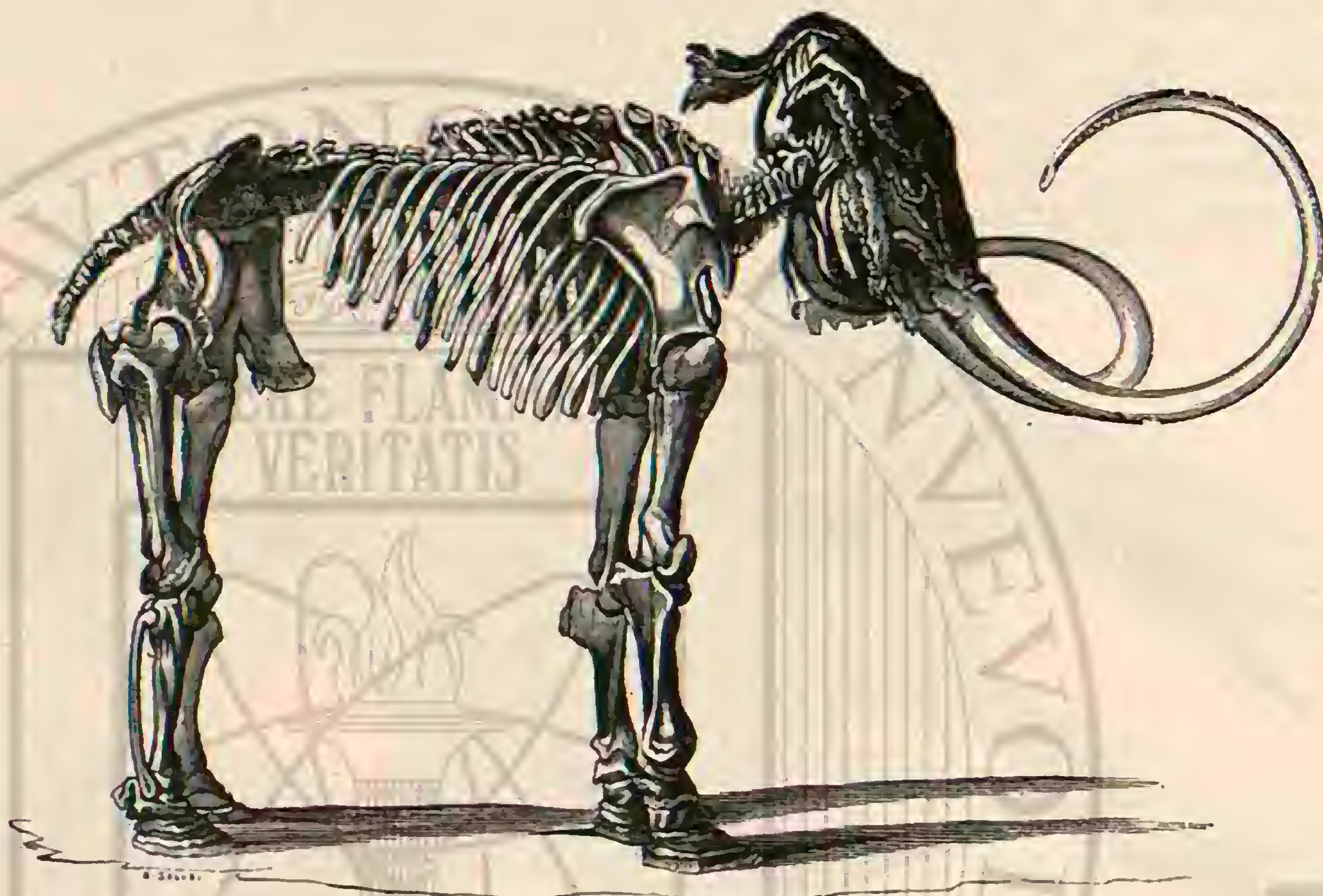


Fig. 134.—ELEPHAS PRIMIGENIUS

frias de Asia y Europa, por especies extinguidas. Una de ellas (rhinoceros leptorhinus) se encuentra asociada con el hipopotamus major en los depósitos pliocenos de agua



Fig. 135.—MOLAR SUPERIOR DEL RINOCERONTE

dulce; y otro (R. tichorhinus) se halla con el Mammuth en la arcilla glacial y el drift. El descubrimiento del esqueleto de esta última especie, hecho y citado por Pallas en sus *Viajes al Asia septentrional*, permitió reconocer que este cuadrúpedo, ahora tropical, estaba adaptado para un clima frio, hallándose cubierto por una espesa capa de pelo y bozo, como el Mammuth. Los dos rinocerontes fósiles citados estaban provistos de dos cuernos; pero les precedió en los períodos plioceno y mioceno una especie que no los tenia, aunque ofreciendo todos los demás caractéres.

Basta examinar las figuras 117 y 135 para reconocer las modificaciones que presentan los molares superiores del Rinoceronte cuando se comparan con los de su antetipo el Paleoterio. Son las siguientes:

Las concavidades *(ff)* del lado exterior de la corona, en la figura 117 son casi planas, y de una de ellas se proyecta una ligera convexidad en algunas especies de rinoceronte; el espacio *(e)* está mas ensanchado en su terminacion *(i)* en el rinoceronte, y en ciertas especies se bifurca. El espacio posterior *(g)* suele ser mas profundo y mas extenso. Los lóbulos ordinarios *(a, b, c, d)* son muy semejantes; y un surco *(r)* circuye la parte anterior y la posterior de la base de la corona. En los catálogos paleontológicos no figuran menos de veinte especies de rinocerontes extinguidos.

ÉQUIDOS.—En los materiales del período mioceno fué donde primero se hallaron restos de cuadrúpedos con los miembros y denticion del caballo. Estos depósitos, situados en Eppelsheim (Alemania), en el departamento de Vaucluse (Francia), y en las islas de Sewalik, en la India, contenian molares superiores diferentes de los del moderno Equido, principalmente por la mayor separacion de las colinas de esmalte (fig. 136 *m*); dando á conocer tambien la curiosa estructura que presentaban los pequeños dedos y los cascos del caballo tridáctilo llamado Hipparion (fig. 137 II y IV) Como los pequeños dedos corresponden al externo é interno del pié del Paleoterio, el Hipparion, en la hipótesis derivativa de las especies, pudo ser una forma transitoria entre los Paleoterios del eoceno superior y el moderno caballo.

Las especies de verdaderos Equidos, que tienen la columna interlobal confundida con el cuerpo del diente (figura 138, *m* 1 y 2), aparecieron primeramente en las capas del

plioceno. En las calizas pedregosas de Oreston se halló la especie Equus pliscidens, así llamada porque las estrías del esmalte de los dientes están mas recogidas que en el caballo moderno; otra semejante fué descubierta, asociada con el Mastodonte y los Cetatolites, en un depósito plioceno de Newberne (en la Carolina del Norte). En las formaciones del Sur de América, correspondientes al mismo período, dejó sus restos la especie de caballo Equus curvidens, provista de dientes mas arqueados que de costumbre, restos que aparecieron asociados con los del Megaterio. El Equus fossilis del crag y del drift de Inglaterra parece tener dientes cuyo diámetro trasverso es menor que en nuestra moderna variedad de tamaño análogo. En el plioceno y mas recientes depósitos de Europa y de la América del Norte se encontraron tambien dientes fósiles del tamaño de los de la cabra y un asno. Es curioso que no existiera ningun representante vivo de los Equidos en el Nuevo continente cuando le descubrió Colon.

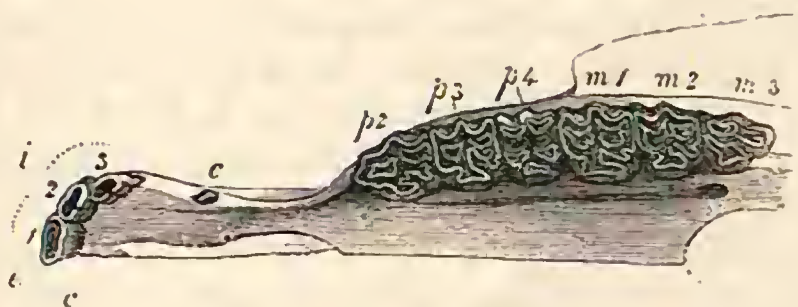
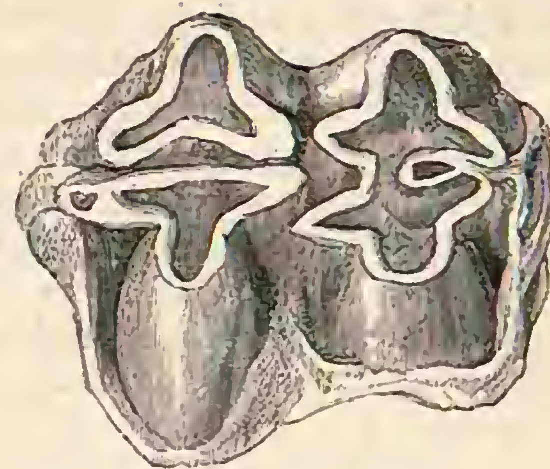


Fig. 138.—Mandíbula superior del CABALLO



Fig. 139.—Mandíbula inferior del CABALLO


Fig. 137.—Huesos del pié del HIPPARION


Fig. 140.—Molar del HIPOPÓTAMO

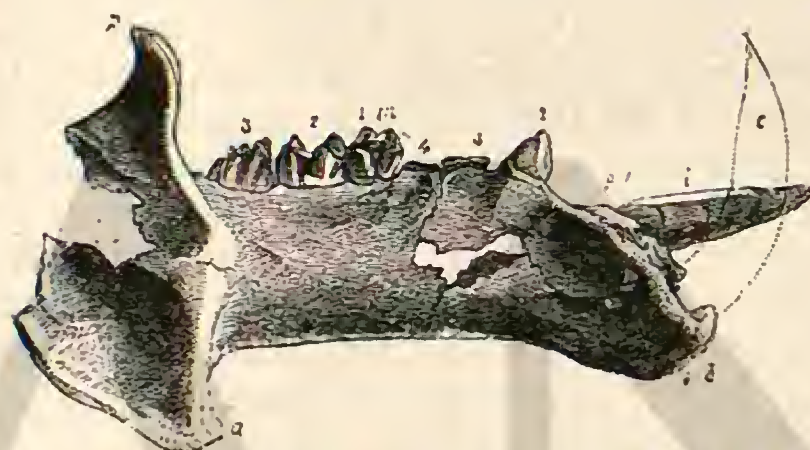
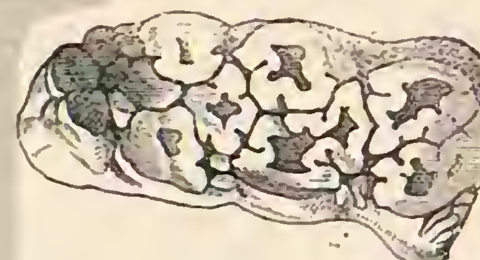


Fig. 141.—Mandíbula inferior del HIPOPÓTAMUS MAJOR



Fig. 136.—Molar superior del HIPARION


Fig. 142.—Ultimo molar inferior del HOG

GÉNERO HIPPOPOTHAMUS

El descubrimiento de los restos de un mamífero anfibio, confinado ahora á los rios de Africa, en los depósitos lacustres y fluviátiles de Europa, da orígen á ciertas consideraciones sobre la naturaleza del terreno, que uniendo á Inglaterra con el continente, estaba cruzado por lagos y rios, siendo la temperatura algo mas cálida que hoy dia, á juzgar por algunas conchas del sur de Europa que se encuentran en las formaciones de agua dulce de Grays y Essex, donde se hallaron los restos del gran Hippopothamus major. La parte de la mandíbula inferior (fig. 144) se descubrió debajo de la arcilla glacial en la costa de Norfolk.

El primer premolar tiene una corona cónica y comprimida, y una raíz sencilla, elevándose algo mas que el segundo; este último (141, *p* 2) está un poco separado del tercero (3) y el cuarto, que son mayores, presentan una ó dos estrías longitudinales en la superficie exterior. Los verdaderos molares (*m*, 1, 2, 3) están divididos en dos lóbulos (figura 140) por un canal trasverso, y cada uno de ellos se subdivide á su vez por una hendidura en dos medios conos; el lado convexo de cada uno de estos últimos es dentado. La corona del último molar de la mandibula inferior se acorta por un quinto cono, y sus dimensiones son mas pequeñas.

El Hipopótamo se encuentra primeramente en el horizonte plioceno: los restos del H. major no se han hallado hasta aquí sino en Europa; son comunes á lo largo de la costa del Mediterráneo, y no se han visto en la parte norte de la zona templada. En Asia estaba representado este paquidermo, acaso en período mas primitivo, por el género Hexaprotodon, que es esencialmente un Hipopótamo, con seis incisivos, en vez de cuatro, en cada mandíbula.

SUIDIDOS.—Los extinguidos Chæropothamus, Anthracoterium, Hyopothamus é Hippopus, representaban la fórmula dentaria típica, la cual se ha conservado en el representante actual de la misma seccion de los Artiodáctilos no rumiantes, que es el cerdo. El primer molar verdadero, cuando la denticion permanente es completa, presenta los efectos de su primitivo desarrollo en un grado mas pronunciado que en los mas de los otros mamíferos; en el jabalí tiene sus tubérculos desgastados; primitivamente presenta cuatro conos primarios, con unas pequeñas subdivisiones formadas por las estrías del esmalte. La mayor extension del último molar se produce principalmente por el desarrollo de la prominencia posterior, y los cuatro conos primarios no se distinguen en el cuerpo anterior del diente. Las coronas de los molares inferiores son muy semejantes á las de los superiores, pero algo mas estrechas; los tubérculos interiores y exteriores son muy pequeños, ó no existen. La figura 142 representa la superficie de los últimos.

Las especies extinguidas del género Sus fueron descubiertas en las capas miocenas de Eppelsheim; de estas últimas procede el Sus palæchærus, y de Simorre el S. simorrensis; en las capas del plioceno se halla el S. arvenensis; y en depósitos mas recientes el S. scrofa fossilis.

ÓRDEN DE LOS RUMIANTES

De todas las formas de animales que subsisten en la actualidad, y que son mas afines á los actuales herbívoros europeos, coexistieron en Europa con los géneros ahora exóticos Elephas, Rhinoceros, Hippopothamus, etc., numerosas especies, las mas de las cuales se han extinguido ya. Los cuadrúpedos llamados rumiantes constituyen en el actual período un grupo circunscrito de mamíferos, que Cuvier consideró como el órden mas natural y mejor definido de la clase. Caracterizóle por tener incisivos solo en la mandíbula inferior, los cuales son reemplazados en la superior por una encía callosa. Entre los incisivos y molares hay un diastema ó dos caninos; los molares, casi siempre en número de seis en ambas mandíbulas, presentan en su corona dos dobles colinas con la convexidad vuelta hácia fuera en la serie superior, y hácia dentro en la inferior. Las cuatro extremidades terminan por dos dedos y dos pezuñas, aplanadas lateralmente de tal modo que parecen una sola.

La definicion exacta del órden de los Rumiantes, tal como existe ahora, comprende ciertas particularidades de la tribu de los camellos, y su verdadera significacion se comprenderá mejor si se recuerdan los caractéres del Anoploterio. Los molares superiores verdaderos tienen dos dobles colinas convexas hácia dentro; los inferiores presentan en cierto período dibujos concéntricos en el esmalte, con la convexidad vuelta hácia fuera, como en los rumiantes. Las pezuñas, en número de dos en cada pié, debieron parecerse por su figura á las de los individuos de la tribu de los camellos. El escafoides y el cuboides del tarso eran distintos tambien como en los camélidos; y el metacarpo y el metatarso se dividian lo mismo que en el almizclero acuático (Moschus aquaticus). La denticion del extinguido Dichodon se asemejaba mas aun á la de los rumiantes. La principal diferencia entre estos y otros herbívoros extinguidos que tienen molares crecientes dobles, consiste en el complemento de las series superiores de dientes con bien desarrollados incisivos. Los camélidos carecen de cuerno, lo mismo que los Anoploteroideos y Dichodóntidos; exceptuando la girafa, todos los rumiantes nacen sin ellos.

Así pues, el Anoploterio se asemejaba por varios caractéres de importancia al embrion del rumiante; pero conservando en su vida las analogías con un tipo mas generalizado de mamífero. La forma mas especial de animal de pezuña, con estómago de rumiante, aparece en un período mas reciente de las series terciarias.

La modificacion de los molares superiores de los cuadrúpedos rumiantes de la actualidad consiste en que los lóbulos de la corona son mas bajos y menos puntiagudos, y sus cúspides no desgastadas, cortantes al principio, como hojas de cuchillo corvas, se desgastan por la masticacion, presentando láminas crecientes de dentina.

FAMILIA CÉRVIDOS

Cuvier fué quien primero dió á conocer los dientes que ofrecian el carácter de molares de rumiante, y porciones de mogotes asociados con restos de Mastodonte en los depósitos de agua dulce (probablemente mioceno) de Montabusard. Estos primitivos rumiantes fósiles tenian un tamaño semejante al del corzo; pero presentaban caractéres en que se reconocia que se diferenciaban casi genéricamente de la mayor parte de los ciervos conocidos. Algun tiempo despues se descubrió en el horizonte mioceno, cerca de Eppelsheim, el cráneo entero de un pequeño rumiante (Dorcatherium), cuyos dientes se parecian á los descritos y figurados por Cuvier; pero como las series estaban incompletas, roconocíase que el animal tenia siete muelas en cada lado de la mandíbula inferior, y largos caninos en la superior. Por otra parte, la cabeza estaba provista, como los machos de la especie de la India, llamada Muntjac, de mogotes pedunculados, y de caninos. En la formacion miocena de Ingré y de Eppelsheim se encontraron mogotes fósiles semejantes,sencillamente bifurcados cerca de su extremidad. Es probable que los atribuidos á la especie Cervus anocerus perteneciesen al Dorcaterio. Sin embargo, con esa notable forma del período mioceno se hallaron asociadas otras especies de cérvidos. Kaup describe algunos mogotes mutilados, atribuyéndolos á la especie que llama C. dicranocerus; y en el crag rojo de Suffolk se recogieron restos semejantes, que parecen contener una mezcla de capas rotas de los períodos coceno, mioceno, plioceno y post-plioceno.

Los rumiantes cervinos se han dividido en sub-géneros segun la forma de los mogotes. Del grupo de los que los tienen extendidos y aplanados en la extremidad, y cuyo tipo es el corzo llamado Dama, no se han hallado ejemplares fósiles en la Gran Bretaña. Cuvier ha descrito y figurado mogotes de gran dimension, procedentes de la grava que hay debajo de las arenas del valle del Somma, cerca de Abbeville, que por la empalmadura terminal considera como pertenecientes á una gran especie de corzo, designada desde entonces con el nombre de Cervus Somonensis. Hácia la misma época se representó por una especie gigantesca un grupo llamado Megaceros, que se caracteriza por tener una forma de mogotes desconocida entre las especies existentes. El Megacerus Hibernicus, que se presenta como tipo, es no solo notable por su gran tamaño, sino por la relativa magnitud y graciosa forma de sus astas; es la especie comunmente llamada Alce Irlandés; pero es un verdadero ciervo intermedio entre el corzo y el reno; y aunque muy abundante en Irlanda, no es propio de este país, donde se le encuentra en la marga conchífera que hay debajo de extensas turberas. En Inglaterra han sido hallados sus restos en las capas lacustres, en el crag rojo y en las cavernas huesosas.

El reno (Cervus Tarandus) tiene proporcionalmente mayores mogotes que ninguna de las especies actuales; el asta se aplana y ensancha bruscamente en la extremidad, reconociéndose por este carácter y por los demás detalles de la estructura, la afinidad de la especie con el extinguido Megacero.

El reno está confinado ahora á las latitudes del norte mas extremas de Europa; pero hállase distribuido en América desde el círculo ártico á la latitud de Terranova, donde existe todavía la gran variedad conocida con el nombre de Caribou. Parece que César vió en Alemania renos de semejante dimension, que estaban distribuidos en la Europa continental, y los cuales han dejado vestigios de su existencia en muchos puntos de Inglaterra. El Cervus marcialis de Gervais parece haber sido una forma intermedia entre el reno (Tarandus) y el alce (Alces). No existe ningun representante de esta curiosa especie de ciervo.

En las formaciones del período correspondiente en Francia, llamadas por Gervais aluviones volcánicos, se han descubierto mogotes de otras dos especies extinguidas de ciervo.

En la América del Norte se hallan asimismo partes fósiles

de un gran ciervo que Mr. Harlan denominó Cervus americanus fossilis, y el cual se asemeja mucho al Wapiti (Cervus canadensis); dichos restos se encontraron en los depósitos del post-plioceno, en las orillas del Ohio. En la América del Sur descubrió el Dr. Lund mogotes fósiles de dos especies, que estaban en las cavernas huesosas del Brasil, asociados con otros de un antílope (Antilope machinensis), de cuyo género no existe ahora ningun representante en la América del Sur.

En el post-plioceno y en las cavernas se ha indicado una especie provista de mogotes, cuyo tipo es el mismo de los del ciervo rojo (C elaphus); esta especie rivalizaba con el Megaceros en cuanto al tamaño, y se designó con el nombre de Strongyloceros spelæus. Con sus restos se encuentran otros



Fig. 143.—MEGACEROS HIBERNICUS



Fig. 144.—Caractéres paleontológicos de un felino carnívoro

de un ciervo rojo cuyas astas podian competir por su magnificencia con todas las observadas en el período histórico.

A juzgar por los restos fósiles del pequeño corzo Capræolus, parece que continuó existiendo desde los períodos post-plioceno y pre-histórico hasta el presente.

FAMILIA CAMELOPARDALINOS

En los antiguos depósitos del plioceno, en el sur de Francia y en Grecia, se han hallado restos de un gran rumiante parecido á la girafa por las proporciones de la mandíbula inferior, y las modificaciones secundarias de los dientes posteriores. Tenia miembros tan largos como los de la girafa; mas parece que carecia de cuernos, ofreciendo algunos caractéres afines con familias mas normales de rumiantes. Mr. Gaudry propone para esta forma, tal como aparece en los restos fósiles descubiertos en Pikermi, el género Heladotherium, en el que agrupa tambien el Camelopardalis Biturigum de Duvernoy. Los fósiles, procedentes del mas antiguo plioceno de las colinas de Sewalik, atribuidos por Cauntley y Falconer al Camelopardalis sivalensis y al C. afinis, pueden pertenecer tambien al tipo del Heladoterio. De estos descubrimientos se deduce que los rumiantes, parecidos á la girafa, tenian en otro tiempo una distribucion geográfica mucho mas extensa que hoy dia; é indican al propio tiempo que el continente de Africa ha sufrido menos cambios desde el período mioceno que Asia ó Europa.

FAMILIA ANTILÓPIDOS

Los mas gigantescos y extraordinarios rumiantes de cuernos huecos, ya extinguidos, son los llamados Sivatherium, de las islas de Siwalik, y Bramaterium, de la isla de Perim, correspondientes ambos á los depósitos del primitivo período plioceno. La cabeza es muy grande, ancha y corta, y estaba provista de dos pares de cuernos, sosteniéndola un poderoso cuello. Las proporciones del cráneo y las vértebras cervicales eran el reverso de lo que se ve en la girafa, de la cual diferian estos enormes antílopes paquidermoideos por otros caractéres. En el Sivaterio, el par posterior de cuernos se ramificaba, como en el Antílope furcífer. En el Bramaterium eran mayores los del primer par. El pequeño Antílope quadricornis de la India es ahora el único representante de los grandes rumiantes de cuatro cuernos del primitivo período plioceno en aquel continente.

Algunos pequeños antílopes, A. martiniana y A. clavata, han dejado sus restos en el mioceno de Sansans y en la molasa de Suabia; el A. deperdita es del primitivo plioceno de Vaucluse, y el A. dichotoma del mas moderno de Gers. La gamuza, A. rupicapra, es ahora el único representante de los

antílopes en Europa. En las cavernas del Brasil se han hallado restos de un antílope, designado por Mr. Lund con el nombre genérico de Leptotherium. No se conoce ahora ningun antílope existente en la América del Sur.

FAMILIA BÓVIDOS

Los rumiantes mas principalmente conocidos son el cervino Dorcaterio, del mioceno de Eppelsheim, y la especie de antílope de Sansans; el corpulento Sivatherium de cuatro cuernos, y el Bramatherium pueden proceder de los depósitos de la India, de análoga antigüedad. Hasta aquí no se han encontrado sino en las capas del plioceno y del post-plioceno los molares fósiles del tipo rumiante con caractéres bovinos. En estos períodos existia en Bretaña una gran especie de Bisonte (Bison priscus) y otra mayor de buey (Bos antiquus), de las capas del plioceno lacustre; tambien se conocia otro mas pequeño, aunque asimismo muy corpulento, que era el Bos primigenius, el cual ha dejado sus restos en las margas del post-plioceno de Inglaterra y Escocia. Con esta última especie estaba asociada otra mucho mas pequeña y de cuernos cortos, llamada B. longifrons, que continuó existiendo hasta el período histórico, y fué probablemente el tronco de las especies domesticadas de las razas celtas antes de la invasion romana.

Un enorme búfalo ha dejado sus restos en las capas del antiguo plioceno de Sewalik; los de otra especie, no tan grande (Bubalus antiquus) se encuentran en el moderno plioceno de Argelia. Un búfalo que no difiere del Buey almizclado de nuestros dias (Bubalus muschatus), confinado ahora en las latitudes de la América del Norte, habitaba en Europa y Asia, con los elefantes y rinocerontes: sus restos han sido hallados en la arcilla glacial, en Inglaterra.

ÓRDEN CARNICEROS

Los cuadrúpedos que se alimentan de la carne de los otros coexistieron bajo diversas formas genéricas y específicas con los numerosos y variados Herbívoros de los mas modernos períodos terciarios. Ya hemos hecho una breve descripcion de algunas de las singulares formas, cuyos géneros se han extinguido, que vivieron en las épocas del eoceno y mioceno.

GÉNERO GALECINUS

Mr. Roderik Murchison descubrió en 1829, en las calizas pizarreñas del plioceno de Oeningen, el esqueleto fósil de un carnicero del tamaño de un zorro. Examinado atentamente, observó que el primer premolar era mas pequeño, y el tercero y cuarto mayores que en aquel animal; y que todos los dientes son mas compactos y ocupan menos espacio que en el género Canis; los huesos de los piés son mas robustos; y otros varios caractéres indican un género intermedio entre el Canis y Viverra. El único ejemplar se conserva en el Museo Británico.

GÉNERO FELIS

Como esta forma de perfecto carnicero fué la que eligió Cuvier principalmente para explicar su principio de la correlacion de las estructuras animales, trataremos aquí en particular de dicho punto. El fundador de la Paleontología enunció del modo siguiente la ley que, segun creyó, debia guiar con buen éxito sus trabajos en la reconstruccion de las especies extinguidas.

«Todo sér organizado forma un conjunto, un solo sistema circunscrito, cuyas partes se corresponden mutuamente, contribuyendo á la misma accion definitiva por una reaccion recíproca. Ninguna de estas partes puede cambiar sin que lo hagan tambien las demás; y de consiguiente, cada parte, tomada separadamente, indica y da todas las demás.»

Cuvier no formuló esta ley por un método *á priori;* llegó á ella inductivamente, y despues que muchas disecciones le revelaron los hechos siguientes: que la mandíbula del carnicero es fuerte en virtud de ciertas proporciones; que tiene un cóndilo articulado de forma especial, con una placa huesosa de dimensiones adecuadas para la fijacion de los músculos, pudiendo inferir una mordedura mortífera; y que estos músculos son de tal magnitud, que requieren una gran superficie, con fuerza correspondiente y curvatura del arco cigomático. Cuvier habia reconocido estos hechos, y estudiado su correlacion en cierto número de carniceros típicos; y creyó justificado su aserto de que «la forma del diente da la del cóndilo y de las garras, así como la ecuacion de una curva desenvuelve todas sus propiedades, y del mismo modo que, al tomar cada propiedad por sí misma, como base de una ecuacion particular, se descubre la ordinaria con todas sus propiedades, así la garra, el cóndilo, el fémur y todos los demás huesos en particular, dan los dientes y recíprocamente. Comenzando por cualquiera de estos, quien conozca las leyes de la economía orgánica, podrá reconstruir el animal entero. El principio es tan evidente, que hasta el lector que no sea anatómico lo comprende sin dificultad.

En las mandíbulas del leon hay grandes dientes agudos (carniceros ó caninos) que perforan, laceran y retienen la presa; hay tambien dientes comprimidos y cortantes, que funcionan entre sí como hojas de tijeras por el movimiento de la mandíbula inferior sobre la superior; la primera, corta y fuerte, se articula con el cráneo por un cóndilo, que encaja en una cavidad correspondiente; el coronoides, que da la superficie de enlace para el temporal, es ancho y alto; las fosas temporales, anchas tambien y profundas.

El arco cigomático, ensanchado á través del músculo, se arquea fuertemente hácia fuera para agrandar el espacio por donde pasa; y como da orígen al maseter, el arco se encorva tambien hácia arriba á fin de formar el mas sólido punto de resistencia cuando funciona aquel músculo. Si examinamos despues el armazon del miembro anterior, que corresponde á la estructura del cráneo, vemos que la extremidad tiene cinco dedos, el mas interno de los cuales se compone de dos falanges, y los otros de tres. Todos estos dedos pueden moverse libremente hasta cierto punto, y aproximarse lo bastante para asir la presa; pero su principal carácter consiste en la modificacion de la falange terminal, que es ancha, comprimida, triangular y mas ó menos arqueada, constituyendo las extremidades una poderosa garra prensil, articulada con los dos huesos de la pierna. El húmero es notable tambien por su solidez; la extremidad del hueso del brazo presenta marcadas prominencias para la fijacion de los músculos; la escápula es muy ancha, y el coracoides ofrece un notable desarrollo, que corresponde con el volúmen de los músculos que funcionan en el hueso del brazo. Entre un músculo de este y otro de la cabeza hay un pequeño hueso clavicular, que da mayor fuerza á la accion recíproca de ambos músculos.

Tales son los principales caractéres de la estructura interna de un carnicero, que Cuvier consideró como correlativos en la organizacion de estos animales.

Comparémoslos ahora con los de las partes análogas en un buey. Los dientes que corresponden á los grandes caninos en el leon no existen; cuando mas se reconocen los

homólogos de los caninos inferiores, mas pequeños y alterados en la forma, de modo que constituyen los dientes exteriores de una serie arqueada de incisivos que terminan en la mandíbula inferior; los posteriores, en vez de ser cortantes, tienen anchas coronas planas con prominencias duras que oponiéndose entre sí, producen el efecto de una piedra de molino; la mandíbula inferior, larga y delgada, se articula con el cráneo por un cóndilo plano; el coronoides es muy delgado, y las fosas que marcan la dimension del músculo temporal, correspondientemente pequeñas; el arco cigomático, corto y endeble, no se ensancha mucho; es casi recto ó se arquea ligeramente hácia abajo; los terigoideos son grandes.

El buey masca la yerba con gran facilidad, y no hace daño á los otros animales con sus dientes; los cuernos constituyen sus únicas armas defensivas.

Los piés anteriores no tienen sino dos dedos principales, con otros dos rudimentarios detrás, y cada uno de estos tiene su extremidad envuelta en una pezuña ó casco córneo. La estructura del miembro anterior corresponde siempre á



Fig. 145.—Aparato dentario del Oso

la de los anchos dientes, y á las modificaciones de la mandíbula y del cráneo. La observacion demostró á Cuvier que estas diversas modificaciones eran tambien correlativas, lo mismo que en los carniceros.

Por la aplicacion del principio correlativo á los restos fósiles de mamíferos del plioceno y mas recientes depósitos, se han podido distinguir los herbívoros de los carniceros; y de estos últimos se han reconstruido especies extinguidas de felinos, ursinos y otras familias del órden.

En Inglaterra y en la Europa continental existió un felino muy destructor, que tenia los caninos superiores prolongados, cortantes, puntiagudos y en forma de sable, por lo cual se propuso el nombre de Machairodus para este sub-género. Estaba representado por especies tan grandes como el leon (M. cultridens y M. latidens), y por otras del tamaño del leopardo (M. pulmidens y M. megatereon). Esta forma de felino aparece primero en el mioceno de Auvernia y de Eppelsheim; despues en el plioceno del Arno; y finalmente en la caverna huesosa de Devonshire. En los depósitos de las Pampas, en el Brasil, se han hallado especies de machairodus, así como en los terciarios de Sewalik en la India.

Los primeros ejemplares del gran leon cuaternario (Felis spelæa) fueron descubiertos en cavernas, tales como las de Banwell, Semorset y Bélgica. La prominencia del ápice de los huesos nasales prueba que esta especie ha sido un leon y no un tigre. Dejó sus restos en muchos depósitos diluviales de la Gran Bretaña.

En Alemania se descubrieron, con semejantes circunstancias, abundantes restos del gigantesco oso (Ursus spelæus), y mucho mas numerosos en Inglaterra, los de la gran hiena (Hyæna spelæa), que era probablemente manchada, como la feroz crocuta del Cabo. Lobos, zorros, tejones, nutrias, comadrejas, y otros animales análogos, han dejado sus restos en los depósitos del plioceno superior y en las cavernas huesosas. La mayoría de estos carniceros, así como las liebres, conejos, y otros semejantes, no se distinguen de las especies actuales. Los mas pequeños mamíferos unguiculados, lo mismo que los rumiantes pliocenos de reducido tamaño, parecen haber sobrevivido á esos cambios durante los cuales perecieron las mayores especies. Es probable que el caballo y el asno desciendan de las que existieron en el antiguo plioceno. No se conoce ningun carácter determinado por el que el jabalí actual se pueda distinguir específicamente del Sus fossilis, que era contemporáneo del Mammuth.

ÓRDEN ROEDORES

Este órden comprende una extensa serie de pequeños mamíferos en los que se asocia un par de grandes incisivos encorvados en cada mandíbula con otras particularidades de estructura. Estos dientes, separados por una ancha barra de una corta serie de molares, caracterizan á todos los individuos del órden; la única familia excepcional, la de los Lepóridos, comprende las liebres y los conejos, que tienen un segundo pequeño incisivo detrás de los grandes en la mandíbula superior. Algunas partes del esqueleto, y mas particularmente la denticion, son muy características: la forma de la superficie articular de la mandíbula inferior, los molares, cruzados por placas de esmalte mas ó menos trasversas, y los incisivos, largos y corvos, que figuran en número de dos en cada mandíbula, constituyen otros tantos caractéres para determinar las relaciones ordinarias del fósil. Sin embargo, los incisivos no bastarian por sí solos siempre como guia segura, pues la modificacion de estos dientes se repite en el wombat y en el aye-aye.

El reducido tamaño de la gran mayoría de las especies de este órden es causa de que pasen desapercibidos los restos fósiles en las canteras y otros depósitos de piedra, donde el paleontólogo suele encontrar mas á menudo los fósiles característicos de la formacion. De aquí resulta que no se han obtenido aun restos inequívocos de un representante del órden en un estrato mas antiguo que el de los depósitos terciarios del eoceno. En las canteras de Montmartre, cerca de Paris, Cuvier encontró restos de especies afines de los Myoxus y Sciurus. Las margas lacustres del período mioceno han presentado evidencias por lo menos de once géneros del órden, diferentes de todos los conocidos ahora; y en los depósitos de Eppelsheim, de la misma época, se descubrieron restos de animales afines de la marmota y del castor. En las formaciones terciarias mas recientes, y en las cavernas de Inglaterra, se han hallado restos fósiles que no difieren del castor, de la liebre y del conejo de nuestros dias; y tambien los del género Lagomis. En el plioceno y en las últimas formaciones de la Europa continental se encontraron análogos restos fósiles, incluso representantes del género Hystrix, ó puerco espin fósil. En los depósitos de América se recogieron tambien restos de especies extinguidas pertenecientes á los géneros Lagostomus, Echimys, Ctenomys y otros confinados ahora en la América del Sur. En la del Norte se descubrieron recientemente fósiles del género Castor, pertenecientes á un individuo comparativamente gigantesco.

El gran castor Trogonterio parece haberse extinguido en Inglaterra y en el continente europeo asiático antes del período histórico; mientras que la especie mas pequeña del plioceno continuó existiendo hasta ser ahuyentada por el hombre. Aun sobrevive en alguno de los rios continentales. Del pequeño Lagomis de nuestras cavernas no queda ningun

ejemplar en Europa: acaso se hayan extinguido las especies: su género se halla confinado ahora en el Asia del Sur y la Central.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS MAMÍFEROS CUATERNARIOS

Del estudio de los mamíferos fósiles de los últimos horizontes terciarios resulta una curiosa generalizacion, como por ejemplo, la íntima correspondencia entre la fauna de los pasados y presentes períodos en la extension europeo-asiática de tierra firme. En ella continúan existiendo especies de casi todos los géneros que están representados por mamíferos fósiles del plioceno y post-plioceno del mismo continente natural, y de la contigua isla de la Gran Bretaña.

El oso tiene sus guaridas en Europa y en Asia; el castor del Ródano y del Danubio representa al gran Trogonterio; el lagomis y el tigre existen en ambas vertientes del Himalaya; la hiena habita en la Siria y el Indostan; el camello bactriano representa el tipo del enorme Mericoterio del drift de Siberia; el elefante y el rinoceronte están representados todavía en Asia, si bien confinados ahora en el sur del Himalaya. Los verdaderos macacos son peculiares del Asia, y aunque muy abundantes en la parte del sur del continente y en el Archipiélago Indico, tambien existen en el Japon: un subgénero afine (Innus) está naturalizado hoy dia en el peñon de Gibraltar. Una especie fósil de macaco estuvo asociada con el elefante y el rinoceronte, en Inglaterra, durante el período de las mas modernas capas del plioceno lacustre. Las formas mas extraordinarias de mamíferos extinguidos, llamadas Elasmoterio y Sivaterio, tienen sus análogos mas afines en los paquidermos y rumiantes que habitan en el mismo continente de que son propios dichos fósiles. Cuvier coloca el Elasmotero entre el caballo y el rinoceronte. Los antílopes de cuatro cuernos, hoy existentes, son peculiares de la India, así como sus gigantescos análogos, ya extinguidos, el Sivatero y el Bramaterio. Puede considerarse como parte de la misma concordancia general en la distribucion geográfica, que el género Hipopótamo, extinguido en Europa y Asia, continúe representado en Africa, al paso que no se le encuentra en ninguno de los mas remotos continentes de la tierra. Africa tiene tambien su hiena, su elefante y rinoceronte y sus grandes felinos carniceros. El descubrimiento de restos de la Hyæna crocuta, ahora propia de Africa, y del Elephas africanus, en cavernas huesosas de Sicilia; y la profundidad del mar, que se estrecha desde aquella isla hasta Africa, indica el curso de sumersion de una parte de la tierra que unió en otro tiempo al Africa con Europa. El Heladoterio de Grecia, y otras extinguidas especies de Camelopardalis de Europa y Asia, género que ya no está representado sino en Africa, justifican que se considere á las tres divisiones continentales del Antiguo Mundo como una gran provincia ó circunscripcion natural, por lo que hace á la distribucion geográfica de los recientes géneros de mamíferos del plioceno y post-plioceno. El único gran desdentado, el Pangolin gigantesco de Cuvier, hallado hasta aquí en los depósitos terciarios de Europa, manifiesta afinidades con el género Manis, que es exclusivamente asiático y africano.

Extendiendo la comparacion entre las series de mamíferos que hoy existen y las extinguidas al continente de la América del Sur, se observará primero, que á excepcion de algunas especies carnívoras y cervinas, no se ha encontrado todavía en el sur de América ningun representante del citado género de mamíferos del antiguo continente. Bufon habia anunciado mucho tiempo antes una generalizacion semejante respecto á las especies y géneros vivos de mamíferos, la cual se observa igualmente en los fósiles. Ni en las cavernas, ni en los mas recientes depósitos terciarios de la América del Sur, se encuentra un solo resto de elefante, de rinoceronte, de hipopótamo, de bisonte, de hiena ó de lagomis; mientras que los mas de los mamíferos fósiles de estas formaciones son tan diferentes de las formas europeo-asiáticas, como afines á los géneros de mamíferos peculiares hoy dia de la América del Sur.

Los géneros Equus, Tapirus y Mastodon, constituyen las principales, si no las únicas excepciones. La representacion del primero, durante los períodos plioceno y post-plioceno, por distintas especies en Asia y en la América del Sur, es análoga á la distribucion geográfica de las especies de Tapirus en la actualidad.

Solo en la América del Sur habitan ahora especies de armadillo, de agutis, de ctenomis y de mono platirrino; pero



Fig. 146—Corte del molar superior del MEGATERIO

hasta aquí no se han descubierto en Europa, Asia ó Africa, restos fósiles de un cuadrúpedo relacionado con cualquiera de dichos géneros. Los tipos del Bradipus y Dasypus estaban, sin embargo, ricamente representados por gigantescas y diversas formas específicas, en la América del Sur, durante los períodos geológicos que precedieron inmediatamente al nuestro. El esqueleto de uno de estos animales mide de once piés desde la parte anterior del cráneo hasta la extremidad de la cola; hallábase enterrado en los depósitos fluviátiles que existen á siete leguas de Buenos-Aires, y fué extraido en 1841 desde una profundidad de doce piés. Este esqueleto ha servido de asunto á una obra titulada: *Descripcion del esqueleto del extingudo Perezoso gigantesco (Mylodon robustus)*, en la que se encuentran datos suficientes para considerar á este individuo como representante de la misma familia natural de que forma parte el pequeño Perezoso arborícola de nuestros dias.

Una especie mayor (Megatherium Cuv) coexistió con el Milodon en la América del Sur: su esqueleto entero se conserva en los Museos de Madrid, de Paris y Lóndres, siendo aquí el primero que se conoció en Europa y el que nombró Cuvier; mide diez y ocho piés de largo; y su denticion es análoga á la del Bradypus, solo que los molares se prolongan mas y afectan una estructura mas compleja. Los elefantes que observan un régimen análogo al del megaterio, tenian los dientes posteriores sostenidos por otros muy numerosos y pequeños; lo mismo sucedia en aquel animal, gracias al constante crecimiento y á la renovacion de los mismos dientes.

Los pequeños cuadrúpedos de la América del Sur, llamados Armadillos, estaban representados en la época pliocena en aquel continente, por especies que podian rivalizar con los Megateroidéos por su tamaño. El esqueleto, casi entero, con su armadura ósea, de una de las especies mas pequeñas de aquellos extinguidos Armadillos, mide desde el hocico á la extremidad de la cola, siguiendo la curva del dorso, nueve piés, y la armadura del tronco tiene cinco de longitud por siete de anchura. Esta gran especie extinguida difiere de los modernos armadillos por no tener articulaciones en su escudo para contraer ó enroscar el cuerpo en bola; tambien se diferencian por la forma aflautada de los dientes, de cuyo carácter se deriva su nombre genérico de Glyptodon. Las especies llamadas G. reticulatus, G. tuberculatus y G. ornatus, etc., toman sus nombres de diversas modificaciones del dibujo que presenta la superficie de la armadura. El cráneo estaba protegido por un casco huesoso; y la cola tenia tambien sus partes óseas.

Los géneros Toxodon, Macrauchenia y Protopithecus, pertenecen á mamíferos extinguidos de la América del Sur, con los cuales solo podian competir las especies peculiares ahora de aquel continente.

En Australia se han hallado igualmente vestigios de una correspondencia análoga entre la fauna de los mamíferos extinguidos y existentes, hecho mas interesante á causa de la peculiar organizacion de los mas de los cuadrúpedos naturales de aquella region del globo. Es cosa generalmente admitida entre los zoólogos que los marsupiales constituyen un gran grupo natural: los representantes en este de muchos de los órdenes de la mas considerable division de los mamíferos de los otros continentes, han sido reconocidos tambien en los géneros y especies de la actualidad. Los Dasiuros, por ejemplo, hacen las veces de carniceros; los Perameles, de Insectívoros; los Falangistas, de Cuadrumanos; el Wombat sustituye á los Roedores, y los Kanguros, en un grado mas remoto, á los Rumiantes. La primera coleccion de fósiles de mamíferos, procedentes de las cavernas huesosas de Australia, dieron á conocer la primitiva existencia en aquel continente de mas grandes especies del grupo marsupial; algunas, tales como los Tilacinos y Dasiurinos, se han extinguido ya en Australia; pero existe una especie de cada uno de estos sub géneros en la adyacente isla de Tasmania. Un solo diente de la misma coleccion de fósiles dió la primera indicacion de la remota existencia de un tipo marsupial, que representaba á los paquidermos de mayores continentes, y que parece haber desaparecido ya de la superficie de Australia. De este gran cuadrúpedo, descrito con el nombre de Diprotodon en 1838, se adquirieron despues restos que bastaron para reconocer el carácter didelfo, y las mas íntimas afinidades con el Kanguro Macropus. Ultimamente adquirió el Museo Británico un cráneo entero del Diprotodon australis, en el cual se fundó el género; mide tres piés de largo; y aunque presenta la misma fórmula dentaria de su homólogo existente, indica notables modificaciones de los miembros, consistiendo la principal en ser las piernas posteriores mucho mas cortas y fuertes, comparadas con las del Kanguro, y prolongadas las primeras, pero mas robustas. La fórmula dentaria del Diprotodon era la siguiente:

$$i\frac{3\cdot 3}{1\cdot 1},\quad c\frac{0}{0},\quad p\frac{1\cdot 1}{1\cdot 1},\quad m\frac{4\cdot 4}{4\cdot 4}=28$$

El cráneo del Diprotodon australis fué descubierto en un depósito lacustre, probablemente del plioceno superior, en las llanuras de Darling Downs en Australia.

En la misma formacion se han hallado restos de un género de herbívoros mas pequeños (Nototherium) en el que se combinan las afinidades esenciales con el Macropus y algunos de los caractéres del Koala. El género Phascolomys estaba representado en el período plioceno de Australia por un Wombat (Ph. gigas), del tamaño de un tapir.

Los carniceros marsupiales del plioceno presentaban las relaciones comunes de dimension y fuerza con los herbívoros, cuyo excesivo aumento debian limitar.

De cuanto acabamos de exponer resulta confirmado el hecho de que así en los mamíferos extinguidos como en los existentes, ciertas formas especiales correspondian á locali-

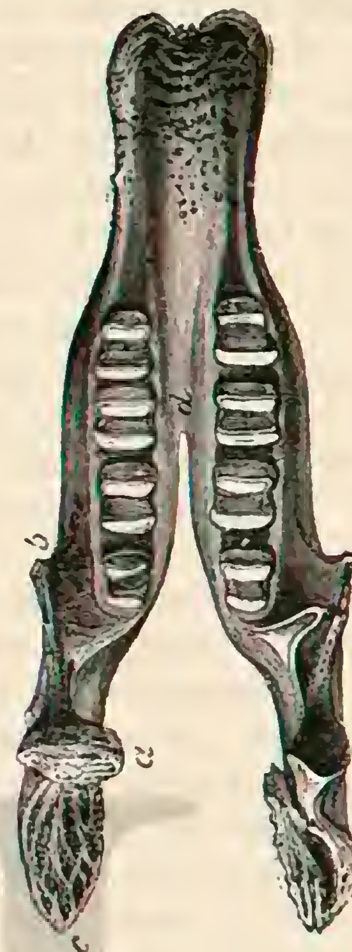


Fig. 147. — Mandíbula inferior y dientes del MEGATERIO

dades dadas; y que estas formas se restringieron á determinados países en un primitivo período geológico, lo mismo que sucede ahora. Ese período, sin embargo, era el terciario mas reciente.

Al hacer la comparacion retrospectiva de los mamíferos extinguidos y existentes con los del horizonte eoceno y jurásico, por lo que hace á su distribucion local, obtenemos indicaciones de notables cambios en la posicion relativa del mar y de la tierra durante aquellas épocas, en el grado de incongruencia entre las formas genéricas de los mamíferos que entonces vivieron en Europa, y cualesquiera de los que actualmente viven en el gran continente natural de que ahora forma parte Europa. Diríase que cuanto mas penetramos en los lejanos períodos para recobrar los mamíferos extinguidos, mas camino debemos recorrer á fin de hallar los análogos existentes. Los de los Palioterios y Lofiodon, que son los tapires, no se encuentran hasta Sumatra ó la América del Sur; y hemos de viajar hasta los antípodas para buscar los Mirmecobios, los análogos existentes mas afines de los Anfiterios del terreno oolítico.

Respecto al problema de la extincion de las especies, poco podria decirse; y nada se ha demostrado definitivamente en lo que se refiere á la misteriosa causa á que debieron el sér. En cuanto á la de su extincion en épocas anteriores al hombre, es mas lógico atribuirla á esos cambios graduales que afectaron á las condiciones mas favorables para la existencia de los séres; pero aun esto no es aplicable sino á los animales terrestres, porque apenas se concibe que los habitantes de las aguas se resintieran de tales cambios.

En los animales que viven en la tierra concurren condiciones que no les permiten resistir á ciertas influencias, lo cual podria explicar porqué tantas de las mayores especies

de grupos particulares se han extinguido completamente, mientras que las mas pequeñas, de la misma antigüedad, consiguieron sobrevivir. Proporcionada al tamaño es la dificultad de la lucha, que como organismo viviente debe sostener el individuo de la especie contra las influencias que de contínuo tienden á destruir la vitalidad, subyugando la materia á las fuerzas ordinarias físicas y químicas. Cualquier cambio, por consiguiente, militará contra la existencia en un grado relativo al tamaño de la especie. Si la estacion seca se prolonga, el gran mamífero padecerá por la sed antes que el pequeño; si una alteracion del clima afecta á la cantidad del alimento vegetal, el corpulento herbívoro será el primero que sienta las consecuencias; y si se presentan nuevos enemigos, el animal grande les servirá mas pronto de presa, porque los pequeños se ocultan y pueden escapar. Así, pues, el hecho de existir ahora especies de reducido tamaño en países donde vivieron primitivamente otras mayores de las mismas familias naturales, no es consecuencia de una degeneracion, ó disminucion gradual en las dimensiones, sino el resultado de circunstancias que se explican por el hecho de que los mas pequeños animales pudieron acomodarse á los cambios que hicieron sucumbir á los mas corpulentos.

Que las especies, ó formas reconocidas por sus caractéres distintivos y la facultad de propagarlos, han dejado de existir, desapareciendo sucesivamente, es un hecho que no admite discusion; tampoco se ha probado que fueran exterminados por cataclismos excepcionales de la superficie de la tierra; que su limitacion se deba á la sucesion de los tiempos, en algunos casos, ó los grandes cambios que se acumulan lentamente en el largo transcurso de las generaciones, es muy posible; pero todas las causas de extincion observadas hasta aquí parecen residir en las lentas y contínuas alteraciones geológicas, ó ya en la repentina aparicion, por decirlo así, de la especie humana en un limitado espacio de tierra no habitado antes. Es probable, por lo tanto, que la extincion de las especies, antes de la presencia del hombre, fuese debida á causas ordinarias, en el sentido de la correspondencia con las leyes del contínuo cambio de las condiciones geográficas y climatéricas en la superficie de la tierra. Las especies y los individuos menos adaptados para resistir tales influencias é incapaces de organizar su modificacion, hubieron de perecer; en esta hipótesis, la extincion implica la falta de facultades en los séres sometidos á los cambios.

Pero admitiendo la extincion como una ley natural que se ha ejercido desde el principio de la vida bajo formas específicas de plantas y animales, podria esperarse encontrar alguna evidencia de ella en nuestros tiempos, ó dentro del período histórico. Se han citado diversos casos de la extincion de especies, segura ó probablemente debida á la intervencion directa del hombre. El loro, conocido con el nombre de Nestor productus de la isla Felipe, en Nueva Zelanda, es tal vez el último ejemplo de este caso; pero semejante causa no ilustra el problema de la extincion en períodos anteriores á la presencia del hombre, ni explica tampoco la causa de haber desaparecido las razas de invertebrados acuáticos y vertebrados.

En el siglo pasado, los académicos de San Petersburgo, y muy acreditados naturalistas describieron y figuraron las partes huesosas de un animal anfibio que Cuvier clasificó con sus cetáceos herbívoros, dándole el nombre de Stellerus en obsequio á su descubridor. Este animal habitaba en las desembocaduras de los grandes rios que allí afluyen, y parece que ya se ha extinguido; pero nada indica que el hecho se deba á la persecucion por el hombre. En este caso no es dado atribuir la causa de la extincion mas que á los cambios físicos geográficos, que afectaron al fin funestamente las condiciones de existencia del Estelerio. Semejantes alteraciones contribuyeron igualmente en un período primitivo á la desaparicion del elefante de Siberia y del rinoceronte de las mismas regiones y latitudes; y una futura generacion de zoólogos tendrá que consignar la total extincion del búfalo ártico (Ovibos moschatus). Los restos de esta especie y del Estelerio demuestran que eran contemporáneos del Elephas primigenius y del Rhinocerus tichorhinus.

Sin embargo, recientes descubrimientos indican que en el caso de estos y de otros extinguidos cuadrúpedos, completó la obra de exterminio, comenzada por anteriores causas mas generales, una ruda y primitiva raza de hombres.

En las capas de arena y grava que contienen restos del Mammuth y de otros extinguidos animales del cuaternario en el valle del Soma, cerca de Abbeville y Amiens, se han descubierto armas de piedra en diversos períodos desde el año 1838 hasta la actualidad *(Boucher de Perthes. Antigüedades célticas y ante diluviales)*.

Estas evidencias de la especie humana fueron extraidas de dichos depósitos por Mr. Prestwich en 1859, y posteriormente en el mismo año, por Mr. Flower, Mr. Gaudry y Mr. Pouchet. Los restos se hallaban en la grava de Saint Acheul.

Las formaciones se sucedian desde la superficie del modo siguiente:

		Piés.	Pulgadas.
a	Superficie del suelo.	0	8
b	Arcilla parda en cuatro capas de diversos matices.	12	2
c	Arena cuarzosa blanca y greda de color pálido, y masas de grava.	4	10
d	Grava basta sub-angular, con restos de mamíferos y objetos de piedra dispersos, principalmente en la parte inferior. . . .	5	0
		22	8

En el depósito *d*, en St. Acheul, se hallaron restos del elephas primigenius, rhinocerus tichorhinus, equus fossilis, bos primigenius y cervus somonensis; en Abbeville, del cervus tarandus priscus, del felis spelæa, de la hyæna y del ursus spelæus; y en St. Roch del elephas antiquus y del hippopothamus major.

En muchas cavernas se han descubierto armas de piedra mezcladas indistintamente con huesos de la extinguida especie del oso y del rinoceronte; una de ellas en particular estaba debajo de un mogote de corzo rojizo, y un fémur del oso de las cavernas, incrustados en la estalagmita superficial de la caverna de huesos de Brixham, en Devonshire, explorada cuidadosamente en el transcurso de 1858 á 1859 por una comision de la Sociedad zoológica de Lóndres.

Examinadas atentamente las armas é instrumentos descubiertos en las cavernas, reconocióse que eran obra del hombre.

Por lo que hace á los caractéres geológicos de los depósitos, véase lo que dice uno de los mas prácticos investigadores: «Aunque se relacionan intimamente con la actual configuracion de la superficie, son siempre mas ó menos independientes de ella, y si bien se hallan á menudo cerca de las presentes líneas de desagüe, nunca se pudieron formar, como conjunto, bajo su accion.» Mr. Lyell infiere del fenómeno de los depósitos que contienen armas de piedra y

restos de mamíferos, que «considerables oscilaciones en la superficie de la tierra en aquella parte de Francia son esencialmente la causa del hecho;» pero Mr. Prestwich dice: «Aunque indican á menudo considerable edad, manifiestan asimismo grados de crecimiento, que si bien variables, aparecen en el conjunto haber sido comparativamente rápidos.»

En cuanto á la sucesiva aparicion de nuevas especies en el transcurso de la época geológica, debe evitarse ante todo el comun error de confundir la proposicion de especies que son el resultado de una causa secundaria que actúa de contínuo, y el procedimiento de la causa creadora. Que las especies del mineralogista y del botánico sean debidos, la primera á una fuerza natural, y la otra á una sobrenatural; la primera á la operacion de una segunda causa, y la otra á la intervencion directa de una causa primitiva, no es cosa probable. La naturaleza de las fuerzas que se ejercieron para producir las células de un líquen no se comprenderá tan claramente como las que dispusieron los átomos del cristal. En cuanto á las especies de organismos superiores, su orígen es todavía asunto de discusion.

Buffon consideró las variedades como alteraciones particulares de las especies, que demostraban la variabilidad de estas últimas, opinando que las mas de las llamadas especies en el sistema de Linneo no eran sino otras tantas evidencias de los grados progresivos de cambios ocurridos en sucesivas generaciones, principalmente por degradacion de un tipo primordial. Aplicando este principio á los cuadrúpedos cuya historia habia escrito en su gran obra, creyóse capaz de reducirlos, á excepcion de algunas formas insólitas, á un muy reducido número de primitivos tipos, de los cuales enumeraba quince.

Mr. Darwin cree que los «animales descienden cuando mas de cuatro ó cinco progenitores, y las plantas de igual número.» «La analogía, añade, me llevaria aun mas léjos, es decir, á opinar que todos los animales y las plantas descienden de una sola forma primordial que recibió primero el soplo de la vida.»



Fig. 148.—CRÁNEO Y COLMILLOS DEL TYLACOLEO CARNIFEX

Varios son los argumentos que se han opuesto á ciertas hipótesis acerca del orígen de las especies. Mr. Owen dice que las generalizaciones, basadas en la rigurosa observacion de los hechos, por las cuales se ha convencido de la existencia de una fuerza creadora secundaria que se ejerce de contínuo, dando orígen á la sucesion de las especies, son las siguientes. La repeticion vegetativa; la unidad de plan, tal como se demuestra en los tipos de organizacion de los articulados y vertebrados; las variedades congenitales; los fenómenos de la partenogénesis; las analogías de los grados transitorios embrionarios, en un animal superior, con las formas de los inferiores; y por último, el hecho paleontológico de la sucesiva llegada de nuevas especies desde el período de los mas antiguos depósitos en que se hallaron restos orgánicos, especies que limitadas con el tiempo, nunca reaparecen despues de su extincion. Pueden citarse tambien como prueba los muchos casos en que las especies paleozóicas conservaron sus estructuras, que son embrionarias y transitorias en las mas modernas del mismo órden ó clase, y el progresivo alejamiento de un tipo general á uno especial, observado en las series de especies desde su primitiva introduccion hasta los tiempos actuales.

CONCLUSION

El número de formas extinguidas que conocemos puede ser muy pequeño, comparado con el de las que se pueden descubrir en lo futuro; pero de la suma de las primeras podemos deducir legítimamente que ha habido una sucesion de especies que demuestran en su conjunto la progresiva perfeccion del sistema nervioso, y el concomitante predominio del espíritu sobre la materia.

Si desde las épocas pasadas nos trasladamos con el pensamiento al porvenir, podríamos suponer, atendido el curso de los fenómenos vitales en este planeta, y bajo el punto de vista paleontológico, que todo indica un período en que la tierra puede llegar á ser morada de una raza superior por su inteligencia; pero aquí entramos en el laberinto de las conjeturas, donde en vez de avanzar, nos perdemos en sus multiplicadas sendas.

En el exámen que se ha hecho de las diversas formas vitales ya extinguidas, en cuanto á su génesis, sucesion, posicion geológica y distribucion geográfica, vemos que la adaptacion de cada estructura á las exigencias, costumbres y bienestar de las especies, pone en relieve la superior sabiduría de la Fuerza Creadora.

Si en todos los notables cambios de forma y proporcion que hemos observado pudiéramos discernir siquiera los resultados de pequeñas modificaciones de algunos elementos esenciales, nos admiraria la unidad de esa Causa, así como la sabiduría y poder que pudo producir tanta variedad, y á la vez tan perfectas adaptaciones con medios tan sencillos. Todas esas partes, miembros, pezuñas, garras, alas y aletas, organizadas tan diversamente para obedecer á las necesidades de los séres en los elementos que habitan, ¿en qué difieren de los instrumentos mecánicos construidos por el hombre, á fuerza de cálculo, estudio y paciencia, sino en su mayor sencillez, en su perfeccion y en la unidad de los elementos que se han modificado para constituir esos diversos órganos locomotores?

En toda la naturaleza orgánica se observa, no solo que los medios coadyuvan al fin, sino que este se realiza por los mas adecuados; y por lo tanto, debemos considerar á la Gran Causa de todo, no á la manera de ciertos filósofos antiguos, como un espíritu uniforme y tranquilo, sino como una activa y anticipada inteligencia.

Aplicando las leyes de la anatomía comparada á las reliquias de las extinguidas razas de animales contenidas en los diversos estratos de la costra terrestre, y que corresponden á otras tantas épocas de la historia de la tierra, damos un gran paso adelantándonos á todas las anteriores filosofías; y

podemos demostrar que la misma benéfica Inteligencia que revela su poder en nuestros tiempos, le manifestó igualmente en épocas muy anteriores á las que se recuerdan de nuestra existencia.

Pero con estas investigaciones reconocemos además una verdad de no menor importancia, y es que los fenómenos del mundo no se suceden con la mecánica semejanza que se atribuye en los círculos de la filosofía epicúrea, porque podemos demostrar que en las diversas épocas geológicas ocurrieron cambios correspondientes en la estructura orgánica; y que en todos estos casos, los órganos, mejorando los tipos fundamentales, eran siempre los mas propios para las funciones del sér. Las mas elevadas generalizaciones en la ciencia de los cuerpos orgánicos, así como las leyes de Newton para la materia universal, nos convencen pues de la existencia de una gran Primera Causa, que no es ciertamente mecánica.

Ya que la obra de Owen sobre la que hemos calcado, por decirlo así, la Paleontología que precede, limítase, no obstante la indisputable competencia de su autor, lumbrera de la ciencia inglesa, á trazar el cuadro del desarrollo orgánico del reino animal desde que apareció en el globo hasta nuestros dias, lícito me ha de ser completar este tratado con la indicacion de las Faunas y Floras que como características de los diferentes terrenos de sedimento se han ido sucediendo sin interrupcion. Quizás se me eche en cara el no haber redactado un libro original de Paleontología como digno coronamiento de la *Creacion;* causas empero, superiores á mis deseos y tal vez á los de la casa editorial han impedido llevar á cabo este que era mi desideratum, tanto mas fácil de haberlo realizado, cuanto que la mayor parte de la obra está ya escrita.

Adoptando el método lógico del órden de aparicion de los séres empezaremos por la época 1.ª ó

PALEOZOICA

La aparicion de la vida señala el principio de este período, cuyo nombre significa tiempo de los animales antiguos, de *palayos* y *zoos.* Confusos aun, y vagamente estratificados en su orígen, los bancos que se formaban en el seno de los mares no tardaron en marcarse con claridad, diferenciándose tan solo por su composicion y accidentes estratigráficos, de los terrenos de sedimento mas recientes. Las inyecciones ígneas, las rupturas, los replegamientos y ondulaciones con los contorneamientos de las capas, figuran en este período en gran número; fuertes frotaciones comunican á muchas masas la estructura pizarreña y hojosa; y los sedimentos químicos vienen á intercalarse á menudo en medio de los de orígen mecánico, que predominan, sin embargo, sobre todo en la base del sistema. Las tierras firmes aumentan de extension al rededor de la mayor parte de los puntos salientes, apareciendo nuevas islas en considerable número; Europa asemejábase á la sazon á un vasto archipiélago: algo mas resistente ya la corteza terrestre, da no obstante paso á numerosas erupciones de rocas ígneas ó hidrotermales, entre las que dominan los granitos y los pórfidos; comienzan á dibujarse cadenas de colinas y verdaderas montañas. De esta época datan muchos accidentes orográficos en la península Escandinava, Finlandia, Polonia, Rusia, la Alemania central, Escocia, el país de Gales, Bretaña, el Limosin y el centro de España, tierras todas por lo general aisladas é independientes unas de otras. Entonces fué cuando aparecieron, del todo ó en parte, los Alpes escandinavos, el Hundsruck, el Taurus, el Herzgebirge, etc. Este período comprende cierto número de terrenos que importa estudiar separadamente.

TERRENO LAURENTINO. — Así llamado porque ocupa vastas superficies en el Canadá, á orillas del rio San Lorenzo: consta de gneis, calizas y pizarras, mas ó menos penetradas de rocas eruptivas y de filones.

Por su enorme espesor, que excede de 10,000 metros, segun los geólogos norte-americanos, debe considerarse como un terreno bien distinto. Los bancos calizos que encierra, de bastante importancia, proceden indudablemente de las fuentes minerales, las primeras sin duda que existieron, sobre todo admitido que los gneis son rocas metamórficas hidrotermales, de sedimentacion mecánica.

Si el *Eozoon* canadense, que caracteriza el terreno laurentino, es real y efectivamente un fósil de naturaleza animal, los *foraminíferos* ó *rizópodos* son los primeros séres cuya existencia se haya demostrado oficialmente, siquiera su vida suponga otros organismos anteriores que le sirvieran de alimento. Forzoso es, sin embargo, declarar que muchas autoridades científicas niegan, fundados en razones muy valederas, la naturaleza orgánica á esta aurora de la vida que es lo que significa la pomposa palabra Eozon con que se la designa.

Edad relativa de los fósiles.—Sobre este punto debo observar que la época de la aparicion de los séres no se dará jamás sino provisionalmente y con una precision relativa. No cabe duda que alguna parte de los datos contenidos en este capítulo no estará del todo conforme con la ciencia cuando el lector lea estas líneas, pues á cada instante se hace algun inesperado descubrimiento que aleja hácia el pasado el orígen de tal ó cual familia. Así, por ejemplo, la especie humana, que databa de la época actual para Cuvier y los de su escuela, se remonta, segun Boucher de Perthes, á la época cuaternaria; para Mr. Desnoyers comenzó á fines del período terciario; y para Mr. Bourgeois á mediados del mismo. Con frecuencia se reproduce idéntico hecho: muchos tipos habrán envejecido en los dos reinos orgánicos, pero sin duda en una proporcion relativa; de modo que las relaciones generales no se habrán modificado de una manera sensible.

Los vegetales, que se alimentan directamente de la materia inorgánica, han precedido sin duda alguna á los animales en el globo; pero como no conocemos ninguna planta de la época Laurentina, solo con gran reserva nos atreveríamos á considerar como de aquella remota época el *Equisetum Sismondæ,* hallado en un canto errático de gneis de la Valtelina. Sin embargo, esta especie es la mas antigua planta terrestre conocida, y pertenece á una de las familias mas superiores de las criptógamas.

Si juzgamos por lo que vemos en los arrecifes de formacion reciente, es de presumir que vegetales mas imperfectos, tales como musgos, líquenes, setas, algas de agua dulce y salada, que la fosilizacion no conservó, poblaban entonces las tierras y los mares.

He dicho que hoy es por lo menos dudosa la naturaleza animal del Eozoon; con efecto, los señores King y Rownay, por ejemplo, ven en este fósil, que pretenden haber hallado en una roca liásica de la isla de Skye, el resultado de perforaciones y grietas debidas á una causa puramente mecánica.

TERRENO SILÚRICO.—La sedimentacion continuaba por entonces con mucha actividad en las cuencas de los mares, donde se depositaron conglomerados, areniscas y pizarras mezcladas con poderosos bancos de caliza; pero verificábase la sedimentacion en escala muy diversa, pues mientras el silúrico apenas cuenta 600 metros de espesor en Suecia, alcanza 8,000 en Inglaterra, debiendo agregar á ellos una buena parte de los 8,000 atribuidos en el mismo país al terreno llamado cámbrico. En Inglaterra, en Bohemia y en

otros puntos algunas rocas eruptivas llegaron á intercalarse entre las capas de sedimento produciendo notables trastornos; al paso que en la península escandínava y en otros puntos de Europa los sedimentos se suceden con notable uniformidad y sin accidentes notables.

Los mares silúricos ocupaban grandes superficies en Rusia y en los Estados Unidos; en la Europa central y occidental, por el contrario, forman cuencas de mediana extension, pareciendo comunicarse difícilmente entre sí, á juzgar por la diversidad de su fauna. Estas cuencas estaban situadas principalmente en la península escandínava, en Bohemia, en el país de Gales, en Bretaña y en el centro de España; su diseminacion denota que las tierras firmes se habian extendido mas.

A partir del nivel caracterizado por el Eozoon canadense, las capas de sedimento se suceden en un espesor de varios miles de metros, sin que se hayan encontrado aun fósiles; pero esta penuria denota la escasez y de ningun modo la ausencia de los animales marinos. No se debe olvidar que el metamorfismo, los frotamientos y los replegamientos del suelo, la naturaleza del centro mineral, y otras muchas causas, hacen desaparecer ó desfigurar del todo los fósiles, que tienen tantas menos probabilidades de conservacion, cuanto mas antigua es la época que estudiamos. Es preciso observar igualmente que muchos animales marinos no poseen ninguna parte sólida ni dejan por lo tanto vestigios; y nada nos asegura, por otra parte, que las capas reputadas como estériles lo sean realmente, puesto que la experiencia de cada dia ofrece la prueba de lo contrario.

PRIMEROS SÉRES VIVIENTES.—Por fin aparecen los primeros vestigios de animales marinos: son cavidades cilíndricas análogas á las de los anélidos arenícolas, y vagas huellas que parecen pertenecer á políperos, anélidos y á un tribolites, creyéndose distinguir tambien los vestigios de plantas marinas. Bien pronto aparecen mas claras estas marcas ó señales, y no se tarda en hallar fósiles completos. Los mas antiguos son foraminíferos, políperos, equínidos, moluscos, briozoos, braquiópodos y terópodos; casi al mismo tiempo aparecen los trilobites, que pululaban en el mar silúrico, donde alcanzan su mayor desarrollo numérico. Sin embargo, los mares se pueblan rápidamente: los políperos zoantos tabulados y rugosos, casi desconocidos en las épocas siguientes; numerosos crinoideos, del todo característicos; algunos precursores de la importante clase de los equínidos; los graptolitos; innumerables moluscos braquiópodos, pertenecientes á géneros de los que aun existen algunos; moluscos acéfalos y gasterópodos menos abundantes; cefalópodos muy numerosos, todos de la categoría de los tentaculíferos de tabiques lisos, cuyos géneros están representados algunas veces por centenares de especies; trilobites sumamente variados y algunos crustáceos inferiores; sérpulas y otros anélidos; y, por último, peces ganoideos, constituyen el cuadro de la fauna silúrica, que cuenta mas de 10,000 especies. En las capas superiores es donde aparecen los animales vertebrados; en Inglaterra, en Bohemia, y sobre todo en Rusia, se han hallado los primeros vestigios de peces, que recuerdan los del terreno devónico, y cuyas osamentas y restos diseminados constituyen en ciertas localidades inglesas una capa de gran extension superficial.

CARÁCTER DE LA FAUNA SILÚRICA.—En resúmen, la época silúrica bajo el punto de vista orgánico puede decirse que representa el reino de los políperos zoantos rugosos y tabulados, de los crinoideos cistideos, de los graptolitos, de los moluscos braquiópodos, de los cefalópodos nautílidos y de los trilobites. Los braquiópodos forman poco mas ó menos los 3/10 de los moluscos paleozóicos, y solamente los 1/200 de los moluscos actuales: en 1850 Bronn registraba ya 589 pertenecientes á este primer período orgánico, y hoy se conocen mas de 1,500. En los moluscos cefalópodos halló Mr. Barrande 1,622 especies, de las cuales correspondian 373 á los Cirtóceras y 851 á los Ortóceras. Los trilobites figuran en número de mas de 1,700 especies: una notable familia de políperos, la de los graptolitos, principia y concluye en los mares silúricos.

FLORA SILÚRICA.—Difíciles de conservar por la fosilizacion, las algas marinas no son conocidas sino por vestigios bastante vagos: hasta ahora no se han señalado las plantas terrestres de una manera segura mas que en las capas superiores: son tipos afines de las licopodiáceas, y sin duda existian anteriormente. En efecto, sin hablar del Equisetum Sismondæ, cuyo verdadero yacimiento es desconocido aun, se pueden atribuir á vegetales terrestres las vetas carbonosas y las masas de antracita que existen en el terreno silúrico, y el grafito del horizonte laurentino del Canadá.

FAUNA SILÚRICA.—Hecha esta indicacion general, describamos rápidamente los principales tipos de la fauna silúrica.

AMORFOZOOS.—No necesitamos detenernos en la serie de los amorfozoos, pues apenas se halla representada por algunas esponjas, cuyos principales grupos se han indicado ya.

RADIADOS.—Los radiados silúricos pertenecen á la clase de los políperos y á la de los equinodernos.

Los políperos silúricos forman casi exclusivamente parte de las familias de los zoantos tabulados y rugosos y de los graptolitos, cuyos representantes pueden verse en las figuras del texto pág. 458.

EQUINODERMOS.—La clase de los equinodermos está representada por los órdenes de los crinoideos, estelléridos y tal vez por los equínidos.

CRINOIDEOS.—Los crinoideos se han comparado á menudo con las estrellas de mar invertidas. Consisten, efectivamente, en un cuerpo ensanchado en cúpula, que contiene los principales órganos, representando la region central de las asterias. Este cuerpo ó cáliz formado exteriormente por un gran número de piezas articuladas entre sí, está rodeado de brazos, articulados tambien, y que algunas veces se ramifican á lo infinito. El cáliz está cerrado interiormente y en la parte superior por una bóveda que cubre las vísceras, compuesta de piezas que terminan sobre el nivel de la insercion de los brazos. La boca se abre en la parte superior y en el centro de dicha bóveda, y el ano, que se distingue siempre, está á un lado. Hay crinoideos libres; pero los mas se hallan fijos en el suelo por un tallo flexible, rectilíneo, compuesto de un gran número de discos agrupados entre sí. Su forma es casi siempre circular ó pentagonal, y las estrías de sus caras en contacto proporcionan buenos caractéres para distinguir los géneros y las especies. Por lo general se ensancha el tallo en su base, fijándose en el suelo por medio de una dilatacion que simula una raíz con cuyo nombre se distingue.

Los crinoideos silúricos pertenecen principalmente á la familia de los cistidos, que se reconocen por su cáliz ovoideo sin tallo, ó con uno muy fuerte y corto. Los brazos son rudimentarios, y faltan en varios géneros. Caracterizados por el desarrollo normal de sus brazos y de su tallo, los verdaderos crinoideos se hallan representados igualmente en el terreno silúrico por formas globulosas y recogidas, pertenecientes á la familia de los ciatocrínidos.

ESTELÉRIDOS.—Los estelléridos comienzan en las capas superiores del terreno, y pertenecen á la familia de los astéridos, que es la mas elevada. Cubiertos exteriormente de

placas muy duras, con frecuencia espinosas, su cuerpo suele afectar la forma de una estrella de cinco radios. Las principales vísceras están en el centro; los radios ó brazos son anchos, aplanados, con una cavidad inferior en la que se alojan varias prolongaciones del aparato digestivo. La posicion de los esteléridos es inversa de la de los crinoideos, hallándose todos los órganos debajo. Los astéridos silúricos constituyen varios géneros, algunos de los cuales tienen representantes en los mares de hoy dia.

EQUÍNIDOS.—Los equínidos, llamados tambien erizos de mar, son los mas complejos del grupo. De forma esférica ó globulosa, tienen el cuerpo protegido por un dermato-esqueleto compuesto de placas imbricadas, en cuya superficie existen muchos tubérculos mas ó menos salientes, que sirven de apoyo á unas púas ó varillas movibles. Cuando el dermato-esqueleto del erizo hállase desprovisto de sus púas aparece dividido en diez segmentos por líneas que se cruzan en dos polos opuestos, como los meridianos trazados en una esfera. Uno de estos puntos, situado debajo, marca el sitio de la boca, guarnecida á menudo de poderosas maxilas; el punto opuesto señala el del ano. En los erizos de mar irregulares la boca puede encontrarse á veces en el borde interior del dermato-esqueleto, ocupando el ano todas las posiciones entre la boca y la extremidad de la concha. Cada uno de los diez segmentos se compone comunmente de dos series de placas análogas entre sí en el mismo segmento; pero diferentes si se consideran en dos contiguos. Las unas, en efecto, presentan varios agujeros que sirven para la respiracion y la locomocion, al paso que las otras están perfectamente enteras. Llámase áreas ambulacrales á los segmentos constituidos por las placas perforadas, é interambulacrales á los que las tienen enteras. Resultan, pues, cinco de cada especie, alternando entre sí. La parte anterior del erizo está ocupada por un área ambulacral, y la posterior por una interambulacral. La forma y tamaño relativo de las áreas, la situacion de la boca y del ano, la forma y dimensiones de las púas y de los tubérculos que le sirven de apoyo, etc., dan los caractéres mas importantes para su clasificacion.

Los equínidos, que comienzan tal vez en los bancos mas inferiores pertenecientes al antiguo terreno cámbrico, no han dejado en el terreno silúrico propiamente dicho sino formas dudosas ó poco auténticas.

MOLUSCOS.—La serie de los moluscos está representada en la época silúrica por las dos sub secciones de los briozoos y moluscos propiamente dichos.

BRIOZOOS.—Son unos diminutos séres, á veces microscópicos, encerrados en celdillas pétreas agregadas en colonias análogas á la de los políperos; pero á esto se reduce toda la semejanza, pues los briozoos ofrecen los principales caractéres de la serie á que pertenecen, y no participan nunca de una vida comun. La forma de las celdillas y de las colonias sirve para distinguir las especies fósiles: las primeras pertenecen á dos tipos principales, ó bien nacen unas junto á otras no terminando jamás en tubos, en cuyo caso parecen sus colonias láminas simplemente perforadas; ó bien se enlazan oblícuamente, uniéndose entre sí por la base ó por el centro, y prolongándose en tubos que forman prominencia: en este caso se asemejan á menudo las colonias á los políperos branquiados. Los briozoos silúricos pertenecen los mas á este último tipo.

MOLUSCOS ORDINARIOS.—Están representados por todas sus clases.

BRAQUIÓPODOS.—La de los braquiópodos es muy numerosa durante este período paleozóico, en el que ofrece una gran diversidad de tipos. No creo necesario penetrar en el dominio de la zoología para describir el animal vivo; pero debo indicar cuáles son las partes conservadas por la fosilizacion; y para no volver á tratar varias veces del mismo asunto, daré aquí los caractéres de las principales familias paleozóicas.

LINGULIDOS.—Carecen de apófisis branquiales y de charnela; valvas casi semejantes, ahuecadas en su extremidad para el paso del pedúnculo que fija el animal; dermato-esqueleto córneo.—Géneros, lingula, obolus.

ORBICULIDOS.—No existen las apófisis branquiales ni la charnela; gran valva imperforada, y la pequeña con un agujero redondeado para el paso del pedúnculo; dermato-esqueleto córneo ó subtestáceo.—Géneros, orbiculoideos, trematis, siphonotreta, acrotreta.

CRÁNIDOS.—Ausencia de apófisis branquiales y de charnela; concha testácea, perforada, fija á otros moluscos, á equinodermos ó á diversos objetos por su propia sustancia. —Género, crania.

CALCEOLIDOS.—Carencia de apófisis branquiales; charnela rectilínea, finamente dentada, gran valva cónica, muy gruesa, con área grande; la pequeña plana y operculiforme: dermato-esqueleto fibroso.—Género, calceola.

PRODÚCTIDOS.—No hay apófisis branquiales ni pedúnculo para fijarse el animal; concha perforada, con grandes aberturas prolongadas en tubos.—Géneros, productus, chonetes

ORTÍSIDOS.—Faltan las apófisis branquiales, y no hay aberturas tubuladas; la gran valva está perforada para el paso del pedúnculo muscular.—Géneros, orthis, orthissia, strophomoena, leptoena.

RINCONÉLIDOS.—Apófisis branquiales poco desarrolladas y consistentes en dos láminas bastante cortas que sostienen brazos arrollados en espiral; animal fijo por un pedúnculo que pasa por un agujero de la gran valva. Concha fibrosa, siempre sin perforar.—Géneros, rhynchonella, atrypa, camarophoria, pentamerus, parambonites.

SPIRIFÉRIDOS.—Apófisis branquiales muy desarrolladas, dispuestas en espiral cónica; rara vez está el animal fijo por un pedúnculo; dermato-esqueleto fibroso, á veces perforado.—Géneros, spirifer, cyrtia, spirigera, spirigerina, retzia, uncites.

TEREBRATÚLIDOS.—Apófisis branquiales muy desarrolladas y mas ó menos complicadas, jamás espirales; animal fijo por un pedúnculo que sale de un orificio de la gran valva; deltidium compuesto de dos piezas, finamente perforado.—Géneros, terebrátula, strigocephalus.

Todos los géneros indicados, excepto los calceola, productus, camarophoria, uncites, strigocephalus, y acaso las terebrátulas, figuraban en la época silúrica, á la cual parecen pertenecer exclusivamente los obolus, acrotreta, siphonotreta y parambonites.

PLEUROCONCOS.—Bajo el punto de vista de la Paleontología, los acéfalos se dividen en pleuroconcos y ortoconcos: los primeros, cuyo tipo está representado por la ostra comun, tienen las dos valvas desiguales; fija algunas veces al suelo por su propia sustancia, la inferior es casi siempre la mas grande y mas gruesa; la concha se inclina hácia uno de sus lados y de aquí la denominacion de pleuroconcos. Las familias y géneros de moluscos acéfalos son demasiado numerosos para describir sus caractéres en esta obra sin salir de los límites que nos hemos impuesto, y de consiguiente nos limitaremos á indicar los mas importantes, cuando sea necesario. Los pleuroconcos silúricos pertenecen en su mayor parte á los géneros avicula, ambonychia, posidonomya, pterinea y algunos otros algo dudosos que por lo tanto es inútil mencionar.

ORTOCONCOS.—Estos acéfalos llámanse así porque su

estacion es vertical ó poco menos, permaneciendo con la boca hácia abajo. La concha es equivalva, y casi siempre tiene dos músculos. Bajo el punto de vista paleontológico se dividen en integropaleales y sinupaleales.

INTEGROPALEALES.—Estos carecen de sifones, ó únicamente los tienen rudimentarios, de donde resulta que la impresion del manto en el interior de las valvas se conserva paralela al borde de la concha; y no está escotada por ningun seno. Termina por arriba y por abajo en las dos impresiones musculares. Los sinupaleales tienen, por el contrario, los sifones muy desarrollados, de modo que la impresion paleal está escotada en la parte superior de la concha por un seno mas ó menos profundo.

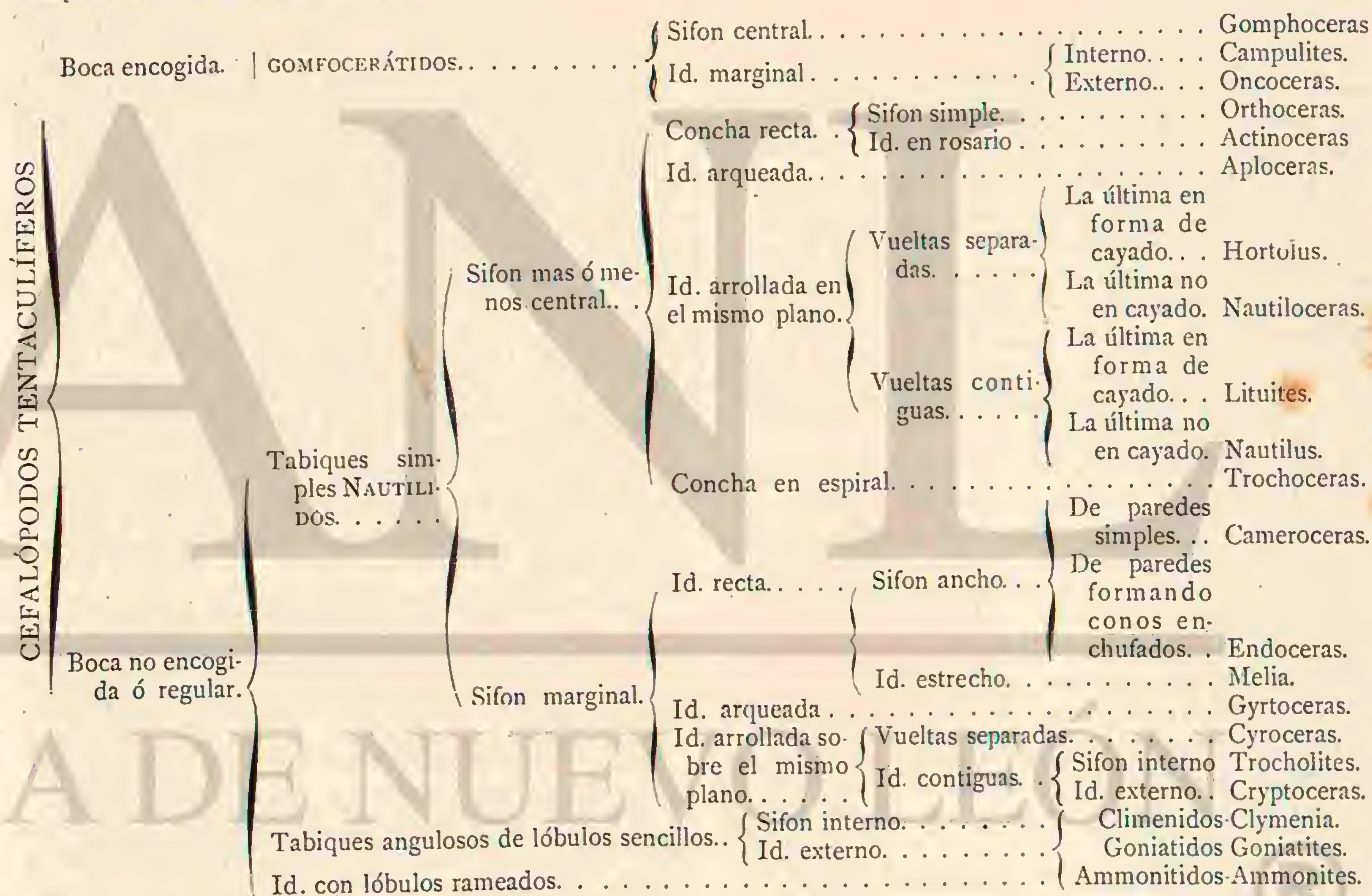
Los ortoconcos silúricos pertenecen á la categoría de los integropaleales; los mas se asemejan á los géneros gromysia, cardiola, orthonota, modiolopsis, palæarca, afine de las arcas, ctenodonta, muy parecida á las nuculas, megalodus, isocardia, cypricantia, y algunos otros dudosos.

GASTERÓPODOS, HETERÓPODOS Y TERÓPODOS.—La clase de los moluscos gasterópodos, cuenta numerosos representantes en la época silúrica; lo mismo sucede, relativamente, con la de los heterópodos y la de los terópodos, que bajo el punto de vista paleontológico pueden reunirse sin inconveniente. Distínguense sobre todo porque el pié que es carnoso y sirve para rastrear en los gasterópodos, adquiere en los heterópodos la forma de una hoja comprimida que sirve para nadar, hallándose sustituida en los terópodos por aletas situadas á cada lado del cuello.

Los gasterópodos casi siempre llevan concha, única parte del animal conservada por la fosilizacion.

El número de familias y géneros de los moluscos gasterópodos es tan considerable, que no es fácil caracterizar los principales grupos como se ha hecho con los braquiópodos, y en su consecuencia no describiré sino los mas importantes cuando sea necesario. Los géneros silúricos pertenecen generalmente á los tipos de gran ombligo y boca escotada por un seno medio; los principales son los siguientes: loxonema, turbo, cirrus, platiostoma, straparolus, evomphalus, scalites, pleurotomaria, murchisonia, bellerophon, helicostoma, cyrtolites, helcion, capulus; y entre los terópodos, los géneros vaginella y conularia.

El siguiente cuadro resume los caractéres de las familias y de los principales géneros paleozóicos, cuya clasificacion es por otra parte mas bien artificial que natural.



Si se exceptuan las Nautiloceras, Aploceras, Cryptoceras y Clymenias, todos los géneros del cuadro están representados en la época silúrica; de los silúricos, los Trochoceras, Cyrtoceras, Orthoceras, Nautilus, Gyroceras y Goniatites, son los únicos que pasan al terreno devónico, segun Mr. Barrande.

CEFALÓPODOS.—La clase de los cefalópodos, la mas elevada de la serie, tiene numerosos representantes en la época silúrica. Uno de sus órdenes, el de los tentaculíferos, alcanza casi al principio su máximum de desarrollo numérico, pudiéndose comparar en este concepto con la clase de los braquiópodos, á cuyo destino parece asociada durante el trascurso de los tiempos geológicos. Representados en todas las épocas antiguas por tipos tan numerosos como característicos, los cefalópodos tentaculíferos son en cierto modo los fósiles predilectos de los geólogos. Importa pues darlos á conocer algo detalladamente; y para evitar repeticiones inútiles, daré aquí los caractéres de los principales géneros paleozóicos y de todas las familias.

TENTACULÍFEROS.—La concha de los cefalópodos tentaculíferos, como la de los gasterópodos, consiste en un cono arrollado de diversos modos, dividiéndose en un gran número de celdas, por tabiques atravesados por un tubo largo algo cónico, llamado sifon. Este último termina en la

celda primera de donde arranca el cono generador, al paso que las otras celdas no comunican entre si ni con el exterior. Llena el sifon un ligamento tendinoso que sirve para fijar el animal, que no ocupa nunca sino la última celda ó sea la que se abre por fuera á manera de boca, cuyos contornos son mas ó menos escotados y se prolongan en lacinias. Tal es, en pocas palabras, la estructura de la concha de los cefalópodos tentaculíferos. Las familias y los géneros se caracterizan principalmente por el punto en que se halla el sifon que puede perforar los tabiques en su centro, en su borde interno ó externo, ó cerca de él; por la forma de la boca y, en fin, por el aspecto exterior de los tabiques que separan las celdas. Simplemente arqueados en su centro, estos tabiques se pliegan algunas veces en sus bordes de una manera tan complicada, que la huella que dejan en la superficie del molde interior se asemeja á menudo á un follaje recortado y dividido á lo infinito. Dícese entonces que los tabiques son festoneados y se distinguen los lóbulos, ángulos ó salientes del tabique del lado de la punta del cono generador, y las sillas ó prominencias del tabique del lado de la boca. Los primeros son siempre angulosos, los segundos redondeados segun puede verse en alguno de los Ammonites que figuran en la obra.

ARTICULADOS.—La division de los articulados es tal vez la que ha dado al terreno silúrico los fósiles mas notables y característicos. No citaré aquí la clase de los anélidos, representada ya en los bancos cámbricos, ni tampoco diversos crustáceos, pertenecientes en general á los tipos inferiores; pero debo hacer alguna indicacion acerca de la curiosa é importante familia de los trilobites.

TRILOBITES.—Son crustáceos afines de los braquiópodos, conocidos hasta en su estado embrionario por las perseverantes exploraciones del señor don Joaquin Barrande, á quien se debe además la caracteristica de los diferentes grupos de estos séres segun que pertenecen á este ó al otro de los tres horizontes que él llama Fauna 1.ª, 2.ª y 3.ª silúrica. Pero como gran parte de estos datos los encontrará el lector en la descripcion del terreno silúrico en el tratado de Geología, excusamos la repeticion.

VERTEBRADOS.—El tipo vertebrado solo está representado por la clase de los peces, que se halla en los bancos superiores; pero atendiendo á que estos peces pertenecen á los mismos grupos que los del devónico, donde se multiplican mucho, aplazaremos la descripcion para cuando se trate de este terreno.

FLORA SILÚRICA.—Tambien creo oportuno dejar para despues el estudio de los vegetales paleozóicos, pues el conocimiento que tenemos de la flora silúrica dista mucho de ser perfecto. Solo se sabe que las plantas terrestres pertenecen al grupo de los acotiledones acrógenos, que ha dejado tan numerosos representantes en el terreno carbonífero.

DISTRIBUCION DE LOS FÓSILES SILÚRICOS.—Es muy interesante estudiar la distribucion de los fósiles en el sentido vertical y horizontal, pues los resultados ofrecen á veces mas claridad en este que en los otros terrenos, y de consiguiente nos ilustran con cierta exactitud acerca de la duracion, el agrupamiento y la distribucion geográfica de los animales marinos en otro tiempo. Véase lo que he encontrado de mas positivo sobre este punto.

FAUNAS PARTICULARES.—En todos los países silúricos constituyen los fósiles asociaciones distintas ó faunas particulares, que se suceden en número variable, segun los parajes, en el trascurso de dicha época. Hay seis en Bohemia, siete en Suecia, y catorce en los Estados-Unidos, donde el terreno está mas desarrollado que en el antiguo continente. En estas tres regiones, así como en Inglaterra, el órden de sustitucion de las faunas, y hasta de las especies de que se componen, es generalmente análogo; y todas pueden comprenderse en tres grupos mas extensos, designados por Mr. Barrande con los nombres de fauna primera, fauna segunda y fauna tercera, segun su antigüedad. Mr. Angelin no admite que en Suecia haya especies comunes entre las siete faunas consecutivas; en Bohemia son raros y excepcionales los tránsitos de fósiles de una fauna á otra, constituyendo por el contrario la regla en Inglaterra y en los Estados Unidos, con la diferencia de que en este último país apenas se encuentran especies comunes á mas de dos ó tres de los catorce pisos de Mr. J. Hall, mientras que en Inglaterra hay fósiles que se propagan en casi todo el espesor del terreno.

Las intercalaciones de rocas eruptivas entre los bancos fosilíferos señalan con frecuencia la separacion de las faunas en Bohemia y en Inglaterra, que no existe en Suecia, donde los estratos presentan una notable uniformidad de composicion mineralógica, y sin embargo, las faunas son mas distintas que en ninguna otra parte. Este nuevo ejemplo demuestra que las especies se suceden en virtud de leyes orgánicas desconocidas, y que la naturaleza de la localidad, así como los trastornos que pueden producir los fenómenos eruptivos, no influye con frecuencia de modo alguno en su extincion y sustituciones.

COLONIAS.—He dicho que los mismos fósiles aparecieron simultáneamente en todas las regiones silúricas, de modo que el órden zoológico es el mismo en Suecia, donde el terreno tiene 600 metros de espesor, que en Inglaterra, donde cuenta mas de 8,000. Bohemia, sin embargo, parece ofrecer una excepcion: en muchos puntos ha reconocido el eminente Barrande la presencia prematura, en la segunda fauna, de colonias de fósiles pertenecientes á la tercera en todo el resto de la cuenca. Como este geólogo observó que 32 de las 57 especies comunes á Inglaterra y á Bohemia no aparecen en este último país sino á un nivel superior al que ocupan en el primero y en otros, dedujo que las colonias proceden de regiones extrañas, desde las cuales se han propagado poco á poco hasta Bohemia. Mas tarde se ha usado mucho, y hasta abusado un poco de esta doctrina de las colonias para explicar numerosos hechos anómalos ó mal conocidos.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES SILÚRICOS.—En cuanto se refiere á la distribucion geográfica de los animales silúricos, obsérvase una variacion y á veces una singularidad por lo menos tan notable como la de nuestros dias.

Como la temperatura era casi uniforme en el globo, podemos deducir, segun queda ya indicado, que las cuencas de los mares se comunicaban dificilmente entre sí. Hace algunos años que de varios miles de fósiles se conocian solo 57 especies comunes á Bohemia é Inglaterra; de 625 trilobites, Suecia y Bohemia poseian solo seis de la misma especie, es decir la centésima parte; y por el contrario tenian en comun la vigésima de los braquiópodos indicados en los dos países. La fauna silúrica de América se asemeja mas á la de Bohemia que esta á la de Suecia, y los trilobites aparecian mucho mas estrechamente circunscritos que los crustáceos de nuestra época. Sin embargo, las familias, los géneros, y hasta las especies, estaban en general mas extensamente diseminadas en el globo, lo cual se explica por la uniformidad de temperatura. Los mismos géneros se encuentran en Europa, en los Estados Unidos, en el Cabo de Buena Esperanza, y hasta en el estrecho de Barrow y la isla de Melville, á los 76° de latitud norte: varias especies, tales como el Graptolites

Murchisonii, el Calymene macrophthalma, el C. Tristani y el C. Blumenbachii, son comunes á localidades separadas por todo el diámetro terrestre. Sin embargo, á partir de la época silúrica nótanse ya centros de dispersion tan distintos y numerosos como en nuestros dias; debiendo insistir sobre la importancia de este hecho con harta frecuencia olvidado ó desconocido.

RESULTADOS GENERALES.—El estudio de la distribucion de los fósiles silúricos conduce además á otros resultados útiles, que el exámen de los terrenos mas recientes no ha hecho mas que confirmar.

Obsérvase por de pronto la gran riqueza zoológica de los mares, casi desde el momento de la primera manifestacion de la vida en el globo. Si fueran conocidos todos los fósiles silúricos, y si no hubiesen desaparecido clases enteras sin dejar el menor vestigio, la fauna de los moluscos, de los crustáceos, y tal vez de los anélidos, no cederia á la de ninguna otra época. Mr. Barrande ha demostrado que en algunos conceptos es mas rica que la fauna terciaria.

Reconócese despues la gran variedad de los géneros de ciertas familias (braquiópodos, trilobites), y la prodigiosa abundancia de las especies de varios géneros (ortoceras, cirtoceras), que acaso no haya tenido jamás igual.

Háse visto igualmente que la duracion de los tipos genéricos puede variar dentro de los mayores límites: mientras que las lingulas, las cránias y los nautilos se han propagado sin ninguna interrupcion hasta nuestros dias, la existencia de los graptolites ha sido tan efímera, que no pasaron del silúrico.

Obsérvase tambien, contrariamente á una opinion acreditada todavía, que si los dos reinos comenzaron en general por los modelos mas imperfectos, y que si el organismo ha seguido de continuo una marcha ascendente, no comienzan siempre las clases y las familias por sus representantes mas inferiores. Los crinoideos, en efecto, ocupan un rango superior en la division de los radiados, y esta familia principia por sus tipos mas perfectos; los cefalópodos son los moluscos mas perfeccionados; y los primeros peces, todos heterocercos, y varios de los cuales recuerdan en la época siguiente á los reptiles por varios de sus caractéres, aventajan casi por todos conceptos á los que pueblan nuestros mares. Estos hechos, incontestables de todo punto, puesto que se fundan en infinidad de hechos perfectamente observados, se avienen mal con la doctrina de la transformacion de las especies y de su continuo perfeccionamiento.

Se ha reconocido que muchas familias bien caracterizadas y en particular las de los cefalópodos y los trilobites, aparecen bruscamente sin anunciarse por los tipos precursores; nuevo hecho que cuadra mal con la teoría de la transformacion de las especies.

Por último, se ha observado que en esas épocas remotas se caracterizaban los tipos genéricos y específicos tan distintamente como los de la actualidad, y que existian asimismo razas y variedades comparables con las que vemos hoy.

FAUNA DEVÓNICA.—*Políperos.*—Menos numerosos que en la época silúrica, los políperos están representados por las mismas familias, es decir que casi todos forman parte de los zoantos tabulados y rugosos.

CRINOIDEOS, ESTELÉRIDOS, EQUÍNIDOS.—Los crinoideos apenas disminuyen, aunque el grupo importante de los cistidos no traspasa casi los límites del terreno precedente. En cambio vemos que los ciatocrínidos se conservan numerosos, y que aparecen nuevas familias, en particular las de los haplocrínidos, la cual se compone de especies pediculadas, cuyo cáliz, sobrepuesto de brazos muy cortos ó rudimentarios, consiste solo en un corto número de piezas, hallándose la bóveda reducida á cinco placas triangulares que forman pirámide. Los esteléridos y los equínidos apenas están representados.

BRIOZOOS.—Los moluscos briozoos atraviesan un verdadero período de decadencia: casi todos los géneros silúricos se extinguen y aparecen muy pocos nuevos. El número de sus especies, que era de 480, se reduce á 86.

BRAQUIÓPODOS.—Siempre en extremo multiplicados, los braquiópodos comienzan no obstante á declinar; bien es verdad que si pierden varios géneros, se aumentan por otra parte con verdaderas Terabrátulas, Productus, Uncites, Estrigocéfalos y Calceolas, siendo estos tres últimos géneros absolutamente especiales. Los Spirifer están representados principalmente por formas de grandes alas, en un todo características de la época.

ACÉFALOS.—Los acéfalos se mantienen casi al mismo nivel: si el número de sus especies ha disminuido un poco, en cambio se enriquece la clase con géneros nuevos, tales como los denominados Lucina, Microdon, Conocardium, Cardinia, Nucula, Arca, Mitilus y Pecten, algunos de los cuales son aun algo dudosos. En el terreno devónico es donde aparecen los primeros acéfalos de agua dulce, siendo tan afines de nuestras anodontas, que varios geólogos no los separan de ellas.

GASTERÓPODOS Y TERÓPODOS.—Aunque mas marcado el retroceso en los gasterópodos, solo es momentáneo; estos animales se multiplican extraordinariamente en la época secundaria, y mas aun en la terciaria y en la actual. Si pierden la mitad de sus especies en el terreno devónico, enriquécense en cambio con varios géneros tales como los Platyceras, Porcellia, Chiton, Dentalium, etc. Los terópodos están representados principalmente por el género Conularia.

NAUTÍLIDOS.—Igualmente reducidos á una mitad en cuanto al número de especies, los cefalópodos nautílidos entran en un período de decadencia del cual no salen ya. Solo siete géneros silúricos persisten en el terreno devónico, donde aparecen las Cryptoceras y las Clymenias; pero conviene añadir que si ha comenzado la agonía de los nautílidos, aparece al mismo tiempo otro grupo que debe prosperar en lo sucesivo: me refiero á los tentaculíferos de tabiques lobulados y angulosos, representados ya en el terreno devónico por numerosas especies de Goniatites y Clymenias.

ARTICULADOS.—En la division de los articulados citaremos tan solo algunos raros anélidos tubícolas: asociados al destino de los braquiópodos y de los nautílidos, los trilobites declinan mas rápidamente aun: solo se indican quince géneros, uno de ellos especial, y unas quinientas especies. Los crustáceos ordinarios están representados por cipidrinas, citereas y el gigantesco Pterygotus anglicus, que no medía menos de cinco ó seis piés ingleses de longitud. Las cipridinas y las citereas, por el contrario, son séres casi microscópicos: su cuerpo está encerrado en un caparazon bivalvo, compuesto de dos piezas semejantes reunidas por una charnela dorsal. No se han señalado aun de una manera auténtica en este terreno los aragnidos ni los insectos.

PECES.—Los vertebrados ganan en importancia rápidamente, y casi desde su aparicion, los peces constituyen ya una fauna muy notable. Bajo el punto de vista paleontológico, y siguiendo el ejemplo de M. Agassiz, se puede dividir sin inconveniente alguno la clase de los peces en tres grupos, caracterizados sobre todo por las partes conservadas en estado fósil, y en particular por los tegumentos. De muy poca importancia al parecer, estos caractéres corresponden á grandes diferencias en el organismo. Las tres sub-clases admitidas por M. Agassiz son las de los placoideos, ganoideos y teleosteos.

PLACOIDEOS.—Estos peces, cuyos tipos vivos están representados por los tiburones y rayas, tienen la piel tan pronto desnuda como cubierta de pequeñas espinas compactas, ó en otros términos granulada; otras veces está provista de placas huesosas irregularmente diseminadas, y que presentan en su parte superior puntas ó ganchos. Su esqueleto es cartilaginoso, y la cola de ordinario heterocerca, lo cual quiere decir que la aleta caudal, en vez de terminar la columna vertebral, está retirada por debajo. Las partes conservadas por la fosilizacion son en particular los dientes, las placas huesosas y los radios endurecidos de las aletas, llamados ictiodorulites.

GANOIDEOS.—Están representados aun en la naturaleza viva por el bichir del Nilo y por un reducido número de otras especies; estos peces se distinguen por sus escamas huesosas, revestidas de una capa de esmalte, dispuestas en series regulares, é imbricadas entre sí por sus bordes. Algunas veces se halla cubierta una parte del cuerpo de placas sencillamente huesosas, que se apoyan unas en otras formando una verdadera coraza. El esqueleto es huesoso ó cartilaginoso; en la mayor parte de los géneros paleozoicos, un sencillo cordon dorsal reemplaza á la columna vertebral, y la cola es heterocerca. Los ganoideos fósiles se dividen en tres órdenes principales, á saber: 1.° los acorazados, cuyo cuerpo está en parte revestido de un escudo de placas huesosas; 2.° los rombiceros, que tienen las escamas estrechamente unidas entre sí por sus bordes, y en forma de rectángulo ó paralelógramo, y 3.° los ciclíferos, cuyas escamas son libres y redondeadas en el borde posterior.

TELEOSTEOS.—Estos peces son los mas comunes en nuestros dias: distínguense por sus escamas córneas sin esmalte, regularmente imbricadas y redondeadas en su borde posterior. Son huesosos y homocercos, es decir, que la aleta caudal termina el cuerpo en la extremidad de la columna vertebral.

Se han dividido los peces teleosteos en dos órdenes, aunque muy artificiales, segun que el borde posterior de la escama sea entero ó dentado: son los cicloideos y los tenoideos.

Los peces devónicos eran todos placoideos ó ganoideos; los primeros son conocidos sobre todo por los innumerables ictiodorulites que han dejado en muchos niveles. Los ganoideos pertenecen á tres órdenes y entre ellos el de los acorazados es el que ha ofrecido principalmente los tipos mas notables. Los Pterichthys, cuya cola era la única parte escamosa, tenian los miembros pectorales muy desarrollados y mas bien parecian patas que aletas. Los Cephalaspis, mas extraordinarios aun, distinguíanse por su cabeza redondeada en la parte anterior y de enormes dimensiones, prolongada lateralmente en dos puntas semejantes á las de las mejillas de ciertos trilobites. Los rombiceros y los ciclíferos se aproximan mas á la forma ordinaria de los peces actuales. Estos dos órdenes están representados en la época devónica por numerosos géneros, muy ricos en especies.

Véanse las figuras que completan la descripcion del terreno devónico en la Geología y las correspondientes en la Paleontología.

Aun no se han señalado de una manera auténtica en el terreno devónico los vertebrados de respiracion aérea.

Desde que M. Huxley demostró que la arenisca roja de la célebre localidad de Elgin en Inglaterra pertenece al terreno del trias, los mas antiguos reptiles conocidos son los del terreno carbonífero. Con mucho mas motivo no contienen los bancos devónicos ningun vestigio de vertebrados de sangre caliente.

CARACTÉRES DE LA FAUNA DEVÓNICA.—Podemos decir en resúmen, que la época devónica representa el reinado de las climenias y de los goniatites, y que se caracteriza sobre todo por las calceolas, los estrigonocefalos, los spirifer de grandes alas, las climenias y los peces ganoideos acorazados.

FLORA DEVÓNICA.—La flora de este período ofrece ya cierto interés: abstraccion hecha de las algas marinas y de las criptógamas inferiores, que solo dejaron vagos vestigios, conocíanse ya en 1850 unas sesenta plantas terrestres, pertenecientes sobre todo á las familias de las equisetáceas, de los helechos, de las licopodiáceas, y á la grande division de las gimnospermas. Hoy dia asciende este número á ciento ochenta: los Calamites, las Estigmarias, las Sigilarias, los Psilophiton, los Lepidodendron, las Nogeratias, los Prototaxites, y otros géneros precursores de la magnífica flora carbonífera, están representados en el terreno devónico por especies particulares: la descripcion de las familias se hará al tratar del terreno de la Ulla.

Todos de gran tamaño, y con frecuencia de colosales dimensiones, estos vegetales cubrian sin duda una parte de las tierras firmes y pululaban en los pantanos y turberas de la época, donde vivia ya una concha de agua dulce. Sumamente notable por el número y vigor de los individuos, esta flora era sin embargo muy monótona, consistiendo tan solo en cada localidad en ocho ó diez especies sin flores, que se repetian indefinidamente. Los depósitos de antracita, que adquieren notoria importancia, denotan la riqueza de la vegetacion, haciendo sospechar la existencia de lagos ó pantanos muy extensos.

FAUNA DEVÓNICA EN GENERAL.—La fauna devónica no es sino la continuacion de la silúrica, pero con marcada tendencia al perfeccionamiento. Algunas especies pasan de uno á otro terreno; muchos géneros silúricos están representados en la época devónica por formas nuevas; varias se extinguen; y las que aparecen presentan á menudo mayor complicacion en la estructura. Esta fauna, que cuenta ya 5,160 especies, constituye un conjunto indivisible, comparable con una de las tres grandes faunas silúricas, y sin embargo mas rica tal vez que ninguna de estas últimas; de modo que bajo el punto de vista paleontológico apenas equivale el terreno devónico á la tercera parte del silúrico. Así pues, las subdivisiones son menos generales y naturales, variando mas en número é importancia segun la localidad, porque se fundan mas bien en la petrografía que en la paleontología. Por este primer ejemplo vemos hasta qué punto es artificial la division del periodo geológico en épocas distintas, y cuánto se puede variar la extension de estas. Nada se opondria, en efecto, á que se reuniera el terreno devónico al silúrico, del cual formaria la fauna cuarta. Por motivos de conveniencia, y porque no es cómodo dejar en una sola agrupacion un conjunto de bancos demasiado considerable, mas bien que por consideraciones basadas en la naturaleza de las cosas, se ha procedido á separar los estratos devónicos en un terreno aparte. Nada impediria tampoco dividir el sistema silúrico en tres terrenos, cada uno de los cuales vendria á tener poco mas ó menos la importancia paleontológica del devónico. Cuando se conozcan mejor las capas fosilíferas mas antiguas, será probablemente necesario introducir modificaciones importantes en las subdivisiones del período paleozóico.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES DEVÓNICOS.—Tal vez se distingan menos fácilmente en esta época que en la silúrica los centros de dispersion. El área ocupada en el globo por la mayor parte de las especies, era siempre muy extensa. M. Verneuil indica cuarenta especies comunes á Europa y á los Estados Unidos; casi todos los fósiles devónicos de España y del Cáucaso se encuentran

en el resto de Europa; de ocho especies de la China se cuentan siete europeas. Los fósiles devónicos recogidos en el hemisferio austral en Bolivia, en las islas Falkland y en el cabo de Buena Esperanza, difieren específicamente de las del hemisferio boreal; pero pertenecen todas á géneros de Europa; cinco especies son comunes al Cabo y á las islas Falkland. Estos hechos indican la continuacion de una temperatura elevada y uniforme en los mares del globo.

FAUNA CARBONÍFERA.—FORAMINÍFEROS.—En el terreno carbonífero marino adquieren importancia los foraminíferos, hallándose representados sobre todo por las fusulinas, que llenan ciertos bancos de Rusia hasta el punto de habérseles comparado con la caliza de miliolites de los alrededores de Paris.

POLÍPEROS.—En la division de los zoofitos, los políperos declinan todavía un poco. Los zoantos rugosos constituyen por última vez una fauna numerosa; los tabulados disminuyen por el contrario, y los tubulosos comienzan á multiplicarse. Esta última familia se caracteriza por la ausencia de tabiques verticales, reemplazados por simples estrías; tampoco existe la columnilla y la pared es entera.

CRINOIDEOS.—Estos séres alcanzan su primer máximum, porque tienen otro en el terreno jurásico. Sin embargo, los cistidos han desaparecido para no volver á presentarse, reemplazándolos los blastoideos, y sobre todo los ciatocrínidos. Designados aun con el nombre de pentremítidos, los primeros se reconocen por su cáliz globuloso, sostenido por un tallo delgado, y provisto de cinco áreas seudoambulacrales, á causa de su analogía con los ambulacros de los erizos de mar. Cada una de estas áreas está surcada á lo largo, estriada al través y perforada en su cima: los brazos no existen. Esta familia, que se asemeja á la de los equinodermos superiores, se extingue en el terreno carbonífero, donde llega á su apogeo. Los ciatocrínidos pertenecen sobre todo á la familia de los actiocrínidos de largos, brazos y muchos géneros son peculiares de la época.

ESTELÉRINOS, EQUÍNIDOS.—No podemos citar los estelérídos sino de memoria. Los equínidos están representados por la familia de los arcæocidaris, que parece remontar al terreno silúrico superior, el cual alcanza su máximum en la época carbonífera, sin traspasar el límite de los tiempos paleozóicos. Estos erizos de mar se distinguen de todos los de los períodos siguientes por tener las áreas interambulacrales compuestas por lo menos de tres series de placas, todas exagonales.

BRIOZOOS.—Los moluscos briozoos progresan, refiriéndose generalmente á los tipos de las épocas anteriores.

BRAQUIÓPODOS.—Los braquiópodos cuya decadencia continúa rápidamente, constituyen por última vez un conjunto importante aun. Solo se enriquecen con el género camarophoria, perdiendo los orthis, los strophomena y los pentamerus. Los spirifer, los chonetes y los productus alcanzan su máximum; estos últimos están generalmente representados por especies de muy gran tamaño.

ACÉFALOS Y GASTERÓPODOS.—Los acéfalos declinan aun; pero los gasterópodos se rehacen un poco. Si la existencia de los pleuroconcos sinupaleales es todavía dudosa en las épocas anteriores, no puede ya ponerse en duda en el terreno carbonífero, donde representa á esta familia el género Allorisma, afine de las foladomias. Entre los gasterópodos, los géneros Bellerofon, Murchisonia, Straparolus, Pleurotomaria, Evomphalus, y Polytremaria son sumamente ricos en especies, y los mas llegan á su máximum.

NAUTÍLIDOS.—Continúa la decadencia de los cefalópodos nautílidos: en esta familia, tan numerosa en los tiempos silúricos, solo figuran 271 especies en la fauna carbonífera. Casi todos los géneros paleozóicos que aun quedaban desaparecen para siempre, y únicamente las ortoceras, las cirtoceras y los nautilos llegan al terreno pérmico. Los nautilos alcanzan aquí su máximum, como los goniatites.

ARTICULADOS.—En la division de los articulados, los anélidos figuran pobremente. Reducidos á dos ó tres géneros, los trilobites no están representados mas que por 15 especies. Los crustáceos propiamente dichos, en cambio, aumentan de número apareciendo varias familias nuevas, particularmente la de los jifosuros. Inscribo con duda las clases de los aragnidos, miriápodos é insectos de la fauna carbonífera, por temor de introducir tipos ulleros no hallándose siempre suficientemente distinguidas las dos faunas.

PECES.—Muy numerosos y característicos, los peces recuerdan los de las épocas anteriores. Los placoideos alcanzan aquí su máximum para los tiempos paleozóicos, y están representados por la familia de los plagióstomos, que se distinguen por su maxila superior movible y suspendida. Los ganoideos se mantienen poco mas ó menos al mismo nivel; únicamente los tipos acorazados y singulares de la época anterior desaparecen casi del todo. Los ciclíferos son muy numerosos; pero los rombíferos predominan en la fauna, comunicándola su carácter particular, y se aproximan ya á la forma de los peces actuales. Muchos géneros, tales como los denominados Amblypterus, Eurynolus, Acrolepis y Paleoniscus, son muy característicos y dan innumerables especies. Es de advertir que los Paleoniscus carboníferos tienen por lo general las escamas lisas, distinguiéndose así de sus congéneres pérmicos que las tienen rugosas ó estriadas.

REPTILES.—Aquí aparecen los reptiles, pues aunque los autores no hayan distinguido siempre los que corresponden propiamente al terreno carbonífero marino y los que pertenecen á los bancos ulleros de agua dulce, se puede reclamar no obstante para la fauna carbonífera el Sauropus primævus de los Estados-Unidos, y el Eosaurus acadians de Nueva Escocia. Este último, conocido solo por sus vértebras, pertenece al órden de los enaliosauros, reptiles marinos que figuran en la época mosozóica, y cuya descripcion aplazamos.

CARACTÉRES DE LA FAUNA CARBONÍFERA.—Se puede resumir la época carbonífera diciendo que representa el reino de los crinoideos fijos, de los peces placoideos, caracterizada particularmente por las fusulinas y los pentremítidos; por la abundancia de los Chonetes y de los grandes Productus; por los Bellerophon, los Straparolus, los Cirrus, los Evomphalus y otros gasterópodos de espira aplanada; y últimamente por los innumerables peces del género Paleoniscus. En 1872 contaba esta fauna 4901 especies, segun Mr. Barrande.

FLORA CARBONÍFERA.—Un poco mas rica que la devónica, la flora terrestre carbonífera se compone solo de equisetáceas, de helechos, licopodiáceas y gimnospermas; solo cuenta siete especies comunes con la flora ullera.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES CARBONÍFEROS.—La flora y la fauna carboníferas indican una gran uniformidad de clima y una temperatura tropical, así cerca de los polos como en el Ecuador, donde el calor no era excesivo. Encuéntranse, en efecto, los mismos géneros, y á veces iguales especies en el Spitzberg y en Caboul. Los Chonetes variolatus, Productus striatus, P. Cora, P. Semiarticulatus, Spirifer striatus, etc., han sido señalados en todas las latitudes. De 22 especies carboníferas tomadas de un cuadro que formó Bronn en 1856, 15 son comunes á los Estados Unidos y á Europa, que posee asimismo 8 especies de Tejas, 8 de Bolivia, 7 de Van-Diemen, 5 de Caboul, 11 del norte del Ural y 3 de la isla de los Osos y del Spitz-

berg. Segun Mr. Austen, encuéntranse en Inglaterra la mitad de las 46 especies carboníferas descubiertas por él en Cachemira; y Mr. Davidson dice que de 26 braquiópodos del Pendjab, 13 existen en Europa, 2 en la América del Norte y 3 en la del Sur, siendo solo 8 propias de la India. La mitad de las 18 especies de Timor estudiadas por Mr. Beyrich pertenecen tambien á Europa. Sin embargo, las faunas estaban circunscritas como en la época anterior, sino tanto como en la silúrica, y sospéchase que haya algunas anomalías. Mr. de Konnink ha reconocido, con efecto, en los fósiles carboníferos del Pendjab algunas formas que anuncian épocas mas recientes; y señálase en Australia una verdadera mezcla de fósiles carboníferos y jurásicos.

FAUNA ULLERA.—En el terreno ullero propiamente dicho apenas se han encontrado mas que animales y plantas terrestres como era natural. Entre los moluscos figuran algunos acéfalos de agua dulce, afines de los Unio y de los Cyclas, y algunos gasterópodos de los géneros Pupa, Spirorbis y Zonites, siendo este último afine de los Helix. Algunas limulas, euripteros y crustáceos anfípodos reemplazan á los trilobites de las épocas anteriores. Los articulados de respiracion aérea hacen su primera aparicion, bien reconocida: son ortópteros afines de los escarabajos y de las langostas; neurópteros, coleópteros, miriápodos y arágnidos, semejantes á los escorpiones. Los peces pertenecen al órden de los ganoideos rombíferos, y están representados casi exclusivamente por los Amblípteros y los Paleoniscos de escamas lisas, que parecen acomodarse igualmente con las aguas dulces y las marinas. La fauna de los reptiles adquiere importancia: señálanse en la ullera batracios semejantes á las salamandras y á ranas (Raniceps, Parabatrachius, etc.), algunos de los cuales medían mas de dos metros de largo. Los labirintodontes, que establecen el tránsito entre los batracios y los reptiles, producen tipos cuya forma exterior recuerda las salamandras ó las serpientes (Ophioderpeton). Otros géneros, con los cuales se ha constituido el grupo de los ganocéfalos, presentan ciertos caractéres que no vemos sino en los peces ganoideos. Tales son los Actinodontes, los Archegosauros y los Protriton, que enlazan á los batracios con los lagartos, pero cuya aparicion, segun algunos geólogos, se refiere mas bien al terreno pérmico. Por último, los Dendrerpeton, los Hylonomus, los Hylerpeton, etc., ofrecen los primeros tipos terrestres de la familia de los lacertidos. Vemos que los reptiles ulleros progresan en el sentido de la perfeccion orgánica; pero si los batracios se han presentado antes que los reptiles propiamente dichos, comienzan por los labirintodontes, que son muy superiores á los batracios ordinarios. Aquí vuelve á interrumpirse la pretendida ley del perfeccionamiento continuo.

FLORA ULLERA.—Es la mas rica de todas las que han precedido á la flora terciaria; pero acaso consista esto en que es la mejor que se ha estudiado, y en que los terrenos de agua dulce ocupaban entonces una extension infinitamente mayor que en ninguna otra época. Esta flora, como las anteriores, parece no contener mas que acotiledones acrógenos y gimnospermos; pero importa describirla algo detalladamente, debiendo manifestar que á las sábias investigaciones de los Sres. Brongniart, Goeppert, Schimper, Corda, y Grand Eury, se debe sobre todo que conozcamos bastante bien esta interesante flora, cuyas principales familias son las equisetáceas, helechos, licopodiáceas, calamodendreas, sigilarias, cicádeas, cordaites, coníferas y anularias. Las tres primeras, y sin duda la última, pertenecen á la division de los acotiledones acrógenos; las otras son dicotiledones gimnospermos.

EQUISETÁCEAS.— Se distinguen fácilmente por su tallo recto y rígido, ahuecado en su centro, y de consiguiente muy fistuloso, estriado á lo largo y dividido en cierto número de entre-nudos, en cuya base hay una vaina denticulada de consistencia foliácea. Las ramas, cuando existen, nacen por verticilos al nivel de los nudos por fuera de la vaina foliácea, que llega así á ser axilar con relacion á la rama, y no podria asimilarse á un verticilo de hojas soldadas. Las estrías ó canales que surcan exteriormente el tallo alternan de un entre-nudo á otro; el tallo mismo puede considerarse como formado por dos cilindros huecos íntimamente sobrepuestos, uno exterior ó cortical, y el otro interior ó leñoso. Análogo á la corteza, el primero consiste en varias capas de tejido celular, que contiene hacecillos fibrosos en determinados sitios: su epidermis está incrustada de sílice amorfa. El segundo, que representa el cuerpo leñoso sin tener su consistencia, encierra hacecillos fibro-vasculares. Uno y otro están perforados por cavidades que simulan largos tubos, dispuestas en círculos regulares; las del cilindro cortical corresponden á los surcos que separan los lados salientes en el exterior; generalmente mas pequeñas, las del cilindro leñoso están situadas en el intervalo de las primeras, y por lo tanto, frente á los lados. Se han podido reconocer los mas de estos detalles de estructura en las equisetáceas fósiles, que estaban arraigadas del mismo modo que las vivientes; es decir, que de un tronco rastrero y articulado, que se introducia oblicuamente en la tierra, dando nacimiento á numerosas raíces, partian tallos aéreos aislados ó fasciculados, sencillos ó ramosos, segun las especies, terminados á veces en punta, donde los entre-nudos eran mucho mas cortos. Sabido es que el fruto de las equisetáceas consiste en un cono terminal compuesto de verticilos de escamas, semejantes á clavos de gran cabeza, y que llevan los esporangios.

Se ha encontrado en las ulleras de Inglaterra y de Silesia un verdadero equisetum de reducido tamaño; la familia estaba, sin embargo, representada por el género calamites en la época paleozóica. Los calamites, cuyas especies, generalmente de gran dimension, medían con frecuencia un decímetro de diámetro ó mas, ofrecen muchas analogías con los equisetos vivos, difiriendo, no obstante, por la ausencia completa de vaina foliácea y de apéndices exteriores, á los cuales reemplazan verticilos de pequeños tubérculos, que se consideraron, con razon, como ramas abortadas. A la altura de las articulaciones ha observado Mr. Grand Eury un vestigio de diafragmas, que dividian en celdillas sobrepuestas la gran cavidad central, reconociendo asimismo la existencia de una epidermis interior lisa en el contorno de dicha cavidad. Los tallos, sencillos ó ramosos segun las especies, nacian de rizomas articulados, terminando en punta en su base. La fructificacion de los calamites no es bien conocida.

HELECHOS.— La familia de los helechos estaba ricamente representada en el terreno ullero, y en general durante todo el período paleozóico. Sus tipos mas numerosos é interesantes pertenecen al grupo de los helechos arborescentes. Las mas de las especies fósiles se conocen por las hojas y los tallos; debiendo advertir, sin embargo, que como solo por excepcion se encuentran las unas adheridas á los otros, ha habido, en la aplicacion de los nombres genéricos, algunos errores cuyo número disminuye de dia en dia, pero que no pudieron evitarse en un principio, habiéndose establecido muchos géneros solo por el tallo ó por las hojas. De estos últimos no tengo nada que decir, siendo su estructura idéntica con la de las hojas de los helechos vivos: por la disposicion de sus nerviaciones es por la que se han establecido principalmente las diferencias genéricas. Rara vez se han encontrado los soros en un estado satisfactorio: así como en los helechos vivos, la mayor parte de los tallos de las espe-

cies fósiles presentan exteriormente cicatrices que señalan el punto de insercion de las hojas. Estas cicatrices son ovales, ó se estrechan en ángulo hácia la parte superior, ó bien afectan la forma de tresbolillo; su gran eje es de ordinario vertical; están dispuestas en espirales regulares; y en su centro se distinguen las protuberancias de los hacecillos fibro-vasculares que desde el tallo pasan á la hoja.

Los helechos del terreno ullero se refieren á dos tipos principales, que representan dos tribus, de las cuales podrian considerarse como característicos los géneros odontopteris, por una parte, y los caulopteris y psaronius por otra.

Análogos á los angiopteris, y en general á los helechos vivos de la tribu de las maratieas, los odontopteris no son conocidos mas que por sus hojas gigantescas de 5 á 6 metros de largo, que nacian probablemente de troncos muy grandes y carnosos. Los peciolos eran enormes; y aplanados por la presion de las capas minerales, ofrecen el aspecto de láminas delgadas, estriadas, de 30 á 40 centímetros de anchura: algunas veces se han tomado por hojas de Nœggerathia.

Los caulopteris y los demás géneros de la misma tribu recuerdan en un todo los helechos arborescentes actuales, por su aspecto y el carácter del tallo, cubierto exteriormente de las cicatrices descritas antes. Este tallo tenia una estructura bastante análoga á la de los helechos actuales, estructura que será bueno recordar aquí brevemente. En el centro existe una médula voluminosa, rodeada de un círculo de hacecillos vasculares dispuestos en medias lunas, cuya concavidad mira hácia fuera; estas medias lunas están revestidas de una capa fibrosa, negra y muy dura, que les forma una especie de estuche. La zona de las medias lunas constituye al rededor de la médula central un cilindro que presenta muchas desgarraduras é intersticios, pues los hacecillos vasculares son sinuosos, no hallándose unidos entre sí en toda su longitud. Completamente fuera, y apoyandose casi en los extremos de las medias lunas, una capa fibrosa, muy dura, negra y continua, envuelve el tallo como una corteza, en cuya superficie han dejado su huella los peciolos de las hojas. Por la ausencia del estuche negro fibroso de las fajas vasculares, es por lo que se distinguen en particular los caulopteris de los helechos vivientes. Su tallo aumenta de volúmen en su base por una multitud de raíces adventicias incrustadas entre sí, que forman una red inextricable, de manera que mas bien parecia un cono que un cilindro.

Los psaronius carecian igualmente del estuche leñoso de las fajas vasculares: la estructura de su tallo les comunica por otra parte alguna analogía con las licopodiáceas, con las cuales se reunió al principio. En el centro se observa una zona vascular bastante pequeña, rodeada de una vaina fibrosa, y mas exteriormente de una corteza celular muy gruesa, por la cual bajan raíces adventicias, paralelas, comprimidas, muy delgadas y numerosas. El todo está circunscrito por una zona exterior, siempre convertida en carbon, que debia corresponder á la superficie del tallo; pero no se han observado cicatrices de los peciolos. Algunas veces las raíces perforan la corteza, trepando por su superficie, siendo mas gruesas que las encerradas en el interior. Mr. Grand Eury ha reconocido que se extendian horizontalmente, formando un círculo de varios metros de radio al rededor del pié del tallo. Ha visto ejemplares que presentaban varios de estos círculos separados por capas minerales, lo cual prueba que la base de los tallos estuvo varias veces sepultada debajo de arenales. Debo llamar la atencion del lector sobre estos hechos interesantes, porque en ellos se ve una prueba de la rapidez con que crecian los sedimentos ulleros, adquiriendo varios decímetros de espesor á consecuencia de un solo desbordamiento de las aguas, y por decirlo así, instantáneamente. Mr. Grand Eury opina que los caulopteris son los tallos, y los psaronius las bases de un mismo helecho.

LICOPODIÁCEAS.—La familia de las licopodiáceas estaba representada principalmente en esta época por gigantescos lepidodendron, árboles cuyo tronco medía de 20 á 30 metros de altura, y á menudo uno y medio de circunferencia, contrastando notablemente con las licopodiáceas actuales, que parecen grandes musgos rastreros. Frecuentemente bifurcado por simple division, el tallo presenta por fuera cicatrices de peciolos provistas de dos ángulos salientes laterales, marcados con un punto en su centro y dispuestos con regularidad en tresbolillo.

Bastante parecido por la estructura al de los psilotum de la flora actual, el tronco de los lepidodendron tenia en su centro una especie de médula, al rededor de la cual formaban un círculo continuo varios hacecillos leñosos. Numerosas raíces adventicias trepaban en la profundidad de la zona cortical. Las hojas se parecian un poco á las de las coníferas; los órganos de la fructificacion estaban recogidos en espigas cónicas designadas con el nombre de lepidostrobus.

CALAMODENDRON.—La familia de los calamodendron no tiene su análoga en la naturaleza viva: el tronco era recto, alto, liso por fuera, pero algunas veces estriado cuando faltaba la corteza, proviniendo las estrías del reborde de las láminas leñoso-verticales, que irradiaban del centro á la periferia. Las mismas láminas sobresalian igualmente en el interior, por el lado de la médula, que resultaba tambien estriada en su contorno. Muy voluminosa, y tal vez poco consistente, esta médula era sustituida muy pronto por la materia mineral, que formaba un cilindro estriado, de tal modo semejante á las calamitas, que varias especies de este último género se fundaron á consecuencia de un error. Los tallos con que se habia formado el género calamophyllites tienen verticilos espaciados de hojas largas y estrechas, erguidas, aplicadas á menudo contra el eje; á su caida, estas hojas dejaban cicatrices elípticas prolongadas trasversalmente y provistas de un punto en su centro. Las ramas, cuyas relaciones con el tallo no se reconocieron hasta hace poco, fueron colocadas en la familia de los asterofilites, que comprendia aun los géneros sphenophyllum y anularia, de los cuales hablaremos muy pronto. Estaban verticilados en el tallo, en la axila de las hojas, y tenian otras de estas mucho mas pequeñas, igualmente dispuestas en verticilos; fuertes raíces adventicias descendian en gran número de la base del tallo, terminando este por una gruesa raíz ramificada. Mal conocidos aun, los órganos de la reproduccion parecen consistir en espigas ó piñas análogos á los de los taxus y de las araucarias. Sospéchase que los frutos fósiles llamados simariopsis provienen de los calamodendron. Si las afinidades de estos vegetales son aun difíciles de establecer, la estructura de la raíz, y hasta del tallo, denota que se relacionan con los dicotiledones gimnospermos, y que son afines á las cicadeas.

SIGILARIAS.—Las sigilarias, tipo de una familia particular, tienen tallos sencillos, rectos, cilíndricos, y comunmente acanalados á lo largo; presentan cicatrices de peciolos ovales, mas largas que anchas, marcadas en su centro con un punto abarcado por dos medias lunas. Las hojas eran estrechas y lineares, como las de las coníferas, pero con frecuencia bastante largas. La estructura de los tallos recuerda la de las cicadeas. Las sigilarias tenian enormes raíces ramosas que se extendian bastante en el sentido horizontal, ofreciendo cicatrices diseminadas sin órden, las cuales corresponden á los puntos de insercion de otras tantas raicillas simples ó bifurcadas. Estas raíces son conocidas desde hace mucho tiempo con el nombre de stigmarias; Bronn las atri-

buye mucha importancia en la formacion de la ulla. Varios autores opinan que los frutos fósiles llamados Trigonocarpus pertenecen á la familia de las sigilarias, que tiene grandes afinidades con la de las cicadeas, y formaba probablemente parte, como esta última, de la division de los dicotiledones gimnospermos.

CICADEAS.—Las verdaderas cicadeas existian ya en la época ullera. Sabemos que estos vegetales, cuyo aspecto recuerda las palmeras y los helechos arborescentes, tienen un tallo recto, cilíndrico, coronado por una copa de grandes hojas pinnadas; en este tallo, varias capas leñosas, poco consistentes, aunque muy gruesas, separadas por zonas celulares, rodean una médula bastante voluminosa; y las raíces son ramificadas como las de los otros gimnospermos. Las especies fósiles paleozóicas pertenecen sobre todo al género Nœggerathia, que guarda un término medio entre las Cycas y las Zamias de nuestra época. Las Nœggerathia tenian, como las primeras, frutos aislados sobre un pedúnculo extendido, y cual las segundas, hojas desprovistas de nerviacion media saliente. Se les deben atribuir probablemente los frutos fósiles llamados Rhabdocarpus.

CORDAITES.—De todas las familias antiguas laboriosamente reconstituidas por la Paleontología, la de los cordaites es tal vez la mas interesante; y sin duda alguna la que ha hecho incurrir á los botánicos en mas errores, causándoles mayores sorpresas. Las hojas, á veces de un metro de largo, estrechas, ensiformes, semejantes á las de la dragonera; ó bien cortas y ovoideas como las de ciertas coníferas de las tierras australes, tenian nerviaciones finas y paralelas, hallándose dispuestas en grupo en la extremidad de las ramas. Cuando estas últimas quedaban comprimidas debajo de los sedimentos, extendíanse de manera que simulaban la hoja en forma de abanico de ciertas palmeras. Tal es el orígen del antiguo género Flabellaria, atribuido á la familia de las palmeras. Estas hojas eran sentadas, caducas, y dejaban en los tallos cicatrices oblongo-lineares, prolongadas transversalmente, señaladas con una serie de puntos vasculares; las ramas, en extremo numerosas, estaban muy divididas; los tallos tenian una gran médula central, acanalada á lo largo en su contorno por el reborde de los hacecillos de la madera, que semejante á la de las coníferas, rodeaba la médula en un círculo continuo. Esta médula estriada, desprovista de su cubierta leñosa, es la que ha servido de base para fundar los géneros Artisia y Sternbergia. Una corteza muy gruesa, y que producia mucha ulla, formada por capas concéntricas alternativamente fibrosas y celulares, protegia al tallo por fuera; era análoga al tejido suberoso, que como este último, carecia de radios medulares. Los cordaites eran grandes árboles cuya altura excedia de 30 metros, con las gruesas raíces ramificadas de los dicotiledones. Mal conocida aun, su florescencia consistia en espigas dísticas, con pequeños cuerpos carnosos, que se supone serian óvulos, y en botones que se ha creido estarian formados por las anteras. Como quiera que sea, las afinidades de la familia han sido claramente determinadas por Mr. Grand Eury, quien la considera como muy afine á las coníferas, asemejándola particularmente á las Gincáo y klastaxineas.

CONÍFERAS.— Las verdaderas coníferas existen no obstante en la época paleozóica, y llegan á ser numerosas en el terreno pérmico, sirviendo para caracterizarle. Nada mas tengo que decir de esta familia, tan ricamente representada en la naturaleza viva.

ANULARIAS.—Aunque pertenezca sin duda á la division de los acotiledones acrógenos, describo en el último término la familia de las anularias, demasiado poco conocida para que sea posible señalarle un lugar en la serie vegetal. Los restos que ha dejado consisten en fragmentos de tallos provistos de sus hojas, y en algunas florescencias; eran plantas acuáticas, herbáceas, flotantes ú sumergidas á la manera de las Miriofilas, cuyo aspecto tenian. Siempre muy delgados, los tallos presentaron de trecho en trecho verticilos de hojas ovales oblongas, con nervios ramificados en el género Sphenopyllum, mientras que estas hojas estaban soldadas en su base, ofreciendo mas desarrollo de un lado que de otro en el género Anularia, en el que los verticilos aparecian mas compactos. Ya hemos visto que los Asterofilites, con los cuales se habia formado un género de esta familia, no son otra cosa sino ramas de Calamodendron. Las fructificaciones consisten en espigas compuestas de verticilos próximos á las brácteas, en el intervalo de las cuales se observan cuerpos redondeados, considerados como esporangios, con razon ó sin ella. De las florescencias aisladas se formaron en otro tiempo los géneros Wolkmania y Bruckmania. Todo cuanto podemos decir ahora de las anularias es que pertenecen probablemente á la division de los vegetales acrógenos.

ANGIOSPERMAS.—¿Han existido en la época paleozóica las plantas cotiledoneas angiospermas? A priori, el hecho parece poco probable; y aun á los ojos de varios geólogos, contrario á las sanas tradiciones, puesto que se admite generalmente que los angiospermos monocotiledones no comenzaron hasta el período mesozóico, y que los dicotiledones han aparecido por vez primera hácia fines de la época cretácea. Sin embargo, esta no es razon para negar la existencia en este horizonte á los vegetales de estas dos categorías, que habrian aparecido prematuramente: importa solo que su existencia quede bien probada. Así pues, si estamos dispuestos á aceptar de buen grado á los recien venidos, no debemos admitirles sin buenas razones; no atreviéndome á mencionar sino con gran reserva ciertos vestigios de plantas angiospermas hallados en las ulleras de Inglaterra, particularmente el Antolites de Newcastle, que se ha comparado á una florescencia de bromeliácea, y el Pothocites Grantonii de Edimburgo qua se parece mucho á una espiga de aroidea.

ESTADÍSTICA Y DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LAS PLANTAS ULLERAS.—Segun Mr. Goepper, en 1859 se contaban 814 platas ulleras. Su distribucion en el sentido vertical parece bastante uniforme, lo cual dificulta establecer en el terreno divisiones fundadas sobre la paleontología; Mr. Lesquereux ha creido, sin embargo, poder agrupar en cinco horizontes, ó asociaciones particulares, las 350 especies conocidas en los Estados Unidos en 1860. Raro es que se encuentren mas de 20 ó 30 reunidas en una misma localidad. Cada region tenia su flora especial; pero muchas especies estaban sumamente diseminadas en el globo. De los 140 helechos señalados en Inglaterra, 50 vuelven á encontrarse en otros puntos de Europa y en los Estados Unidos; de los 16 del Alabama, 9 son europeos. Bronn indica 33 especies, de las cuales 31 son comunes á la Europa occidental y á la América del norte, existiendo 7 en Rusia, y habiéndose recogido una en la isla de los Osos y otra en Australia. Varios géneros parecen propios de la India y de Nueva Holanda; pero las formas europeas predominan en la Nueva Gales del Sur. En estos lejanos países se han indicado tambien algunas anomalías, como por ejemplo una mezcla de plantas marcadamente ulleras, y ciertas especies que recuerdan los tipos de las mas recientes épocas. Si se confirma este hecho, debe sorprendernos poco, porque se reproduce con harta frecuencia desde que se miran las cosas mas de cerca. Como quiera que sea, la flora ullera procede absolutamente como la fauna carbonífera marina, ofreciéndonos las mismas particularidades en la distribucion de sus especies, y hasta pudiera decirse iguales anomalías.

CLIMA DEL GLOBO EN LA ÉPOCA ULLERA.— Durante esta época las tierras firmes habian ganado mas en extension, sobre todo en Europa. A favor de una temperatura elevada y uniforme, la humedad era muy considerable; torrentes de lluvia agrietaban el terreno, arrastrando á los mares y á las cuencas lacustres las enormes masas rodadas, los guijarros y las arenas que se encuentran en la base de todos los depósitos ulleros. No comienzo á trazar aquí el bosquejo de un cuadro de capricho, pues los datos que se poseen permiten prejuzgar el clima segun la naturaleza de los sedimentos. En las cuencas muy limitadas de la meseta central de Francia, por ejemplo, los espesos conglomerados que constituyen el terreno ullero casi del todo provienen del contorno inmediato de estas cuencas, y no fueron arrastrados por las aguas torrenciales. Obsérvase, por otra parte, que las rocas ulleras se componen de elementos tanto mas voluminosos y desiguales, cuanto mas proximas están á las montañas de la época, donde la accion de los torrentes era sin duda alguna mas enérgica que en los países llanos. La igualdad de la temperatura en el globo está demostrada por el hecho de conocerse depósitos de ulla formada de los mismos vegetales, desde el Spitzberg hasta las islas de la Sonda, la tierra de Van-Diemen y la Nueva Zelanda. El calor no era, pues, excesivo en las regiones ecuatoriales; y si el reino vegetal presenta los mismos tipos que en la inmediacion de los polos, es porque reinaba una gran uniformidad en toda la tierra. La naturaleza misma de estas plantas, cuyas análogas no viven hoy sino en los bosques mas sombríos y húmedos de los trópicos, denota una atmósfera pesada y nebulosa, que sin duda encerraba todavía una gran proporcion de ácido carbónico procedente del fondo primitivo, puesto que ha suministrado todo el carbon que hay en las ulleras, y que los desprendimientos subterráneos de gas carbónico no parecen haber adquirido cierta actividad sino á partir de la época actual. Ya he dicho, con efecto, que las rocas eruptivas antiguas no ofrecen protuberancias, y que sus cavidades no encierran cenizas y escorias que revelen la intervencion de los gases y vapores.

CUADRO DE LA ÉPOCA ULLERA. — Inundadas de contínuo por torrentes de lluvia, cortadas por grandes barrancos, cubiertas de lagos y de inmensos estanques, las tierras firmes estaban invadidas por la mas vigorosa vegetacion, favorecida, bajo un cielo siempre nebuloso, por el calor, la humedad, y tambien sin duda alguna por la abundancia de ácido carbónico en la atmósfera. En las depresiones y pantanos, las estigmarias se enlazaban entre sí, formando una turba espesa, sobre la cual se elevaban los troncos enormes de las sigilarias, de los cordaites y de los lepidodendron; grandes colas de caballo, del tamaño de los árboles y helechos herbáceos, se mezclaban con esta vegetacion singular; en los parajes mas secos, otras plantas de esbelto tallo, cicadeas semejantes á las palmeras, y árboles resinosos completaban el cuadro. Repetíanse sin cesar las mismas formas: las plantas de flores de color no existian aun. Nada alteraba la monotonía de aquella superabundante vegetacion, en que los individuos se oprimian desordenadamente en medio de los troncos derribados y de los árboles muertos. Pululaban en las aguas peces de escamas brillantes; agitábanse en los aires los insectos; y hediondos reptiles de extravagantes formas dejaban sus huellas en el fango de los pantanos; pero esta naturaleza no era ya muda como en las épocas anteriores: con el murmullo de las plantas, agitadas por los vientos, mezclábase el zumbido de los insectos, y sin duda alguna los mugidos de enormes batracios y de los problemáticos labirintodon.

FAUNA PÉRMICA.—Apenas cuenta 300 especies esta fauna: todos los grupos se hallan en gran decadencia, y sufren enormes reducciones, al menos en Europa y en los Estados Unidos. Los políperos, los crinoideos y los equínidos no componen ya mas que un reducido número de géneros; casi todos los braquiópodos paleozóicos desaparecen, subsistiendo ó presentándose algunos por última vez, tal como los Atrypa, Camarophoria, Orthisina, Chonetes y Productus, tan ricos en especies en otro tiempo. En lo sucesivo no saldrá ya este órden de su decadencia, y le eclipsarán siempre los moluscos propiamente dichos, gasterópodos y acéfalos. Los cefalópodos quedan reducidos á los géneros nautilus, orthoceras y cyrthoceras; los crustáceos no figuran ya sino de memoria, representados por el último trilobites, por algunas lúnulas y varias cipridinas. Los peces placoideos sufren tambien una gran disminucion; siquiera los ganoideos se conserven mas, distinguiéndose sobre todo los Palæoniscus por la variedad de sus especies y la abundancia de individuos. Los reptiles se mantienen lo mismo: en esta clase están representados los labirintodontes, y sobre todo los lacertiformes, por un gran número de géneros especiales; existen además tipos que no han sido clasificados aun de una manera satisfactoria, varios de los cuales parecen relacionarse con familias mas elevadas, habiéndose encontrado en Inglaterra y en los Estados Unidos huellas que parecen pertenecer á los quelonios. En resúmen, la fauna pérmica se caracteriza por ciertos braquiópodos (Terebratula elongata, Spirifer alatus, Productus horridus, P. Cancrini, etc.); por ciertos acéfalos, de los géneros Mytilus, Schizodus, Monotis; por los Palæoniscus de escamas estriadas y punteadas; y por reptiles pertenecientes á los géneros Zygosaurus, Palæosaurus, Thecondotosaurus, Protorosaurus, etc.

FLORA PÉRMICA.— Mas variada que la fauna proporcionalmente, la flora pérmica se compone de los mismos tipos que la ullera, solo que las especies difieren. Mr. Goeppert señaló en 1857 para Alemania y Rusia 182, de las cuales estaban 169 contenidas en la arenisca roja que forma la base del piso. Dos coníferas muy diseminadas en los bancos pérmicos, la Walchia Schlotheimii y la W. hypnoides, caracterizan el terreno en todos los niveles donde faltan los otros fósiles.

AFINIDADES É IMPORTANCIA DE LA FAUNA PÉRMICA.— En cuanto á la fauna pérmica, considerada en general, forma un conjunto indivisible, comparable con una de las silúricas; de modo que las subdivisiones del terreno varían segun los lugares, correspondiendo solo á cambios de la naturaleza mineralógica de los bancos. La analogía es muy grande con la fauna carbonífera, á pesar de las discordancias en la estratificacion. En los países donde no ocurren estas, como por ejemplo en los Estados Unidos, los fósiles carboníferos parecen mezclarse con los pérmicos en un gran espesor de capas, puesto que, segun Mr. Newberry, las especies carboníferas solo han desaparecido del todo en el banco pérmico número 10 del corte de MM. Meck y Hayden. Mr. Shallow dice, que de 75 especies pérmicas se encuentran 16, ó sea la quinta parte, en los estratos carboníferos subyacentes. Por lo que yo sé, no se han señalado en Europa sino tres ó cuatro gasterópodos del terreno pérmico.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES PÉRMICOS. — La distribucion geográfica de los fósiles recuerda la de las épocas precedentes y denota las mismas condiciones climatéricas. Los braquiópodos se distinguen, como de costumbre, por ser los mas cosmopolitas: de las 17 especies inglesas, 15 se encuentran tambien en Alemania, y 7 en el nordeste de Rusia, cerca de los confines de

Siberia. Segun Mr. King, de 277 especies que constituian en 1850 la fauna pérmica, Inglaterra posee 143, Rusia 73 y Alemania 61; 13 son comunes á Inglaterra y Rusia, y 39 á Inglaterra y Alemania. Mr. Sauroth fijó mas tarde en 50 el número de fósiles pérmicos que existen á la vez en ambos países. En el Spitzberg se han señalado por lo menos ocho especies europeas, entre las cuales figuran los productus y spirifer, designados antes como tipos, la Terebrátula Schlotheimii, etc.

Estos hechos demuestran una gran uniformidad de temperatura, y el conjunto de la fauna indica un clima siempre tropical. Es preciso, pues, acoger con reserva los asertos contrarios de ciertos geólogos, que creen haber hallado pruebas de la accion de los glaciares en la época pérmica, y hasta en la devónica, atribuyendo al enfriamiento del globo la pobreza de la fauna del terreno pérmico.

ÉPOCA MESOZÓICA Ó SECUNDARIA

Mas conocida con el nombre de época secundaria, ha recibido estas denominaciones porque ocupa un rango intermedio en la serie de las épocas geológicas. Solo se distingue del período precedente por la aparicion de un conjunto distinto de animales y de plantas, y por la renovacion de los aparatos orgánicos, si podemos decirlo así; pero esta renovacion no se ha efectuado bruscamente y de una sola vez, sino que por el contrario, algunos tipos paleozóicos persisten durante largo tiempo, y solo poco á poco y por reducidos grupos, aparecen las nuevas formas.

CONFIGURACION DE LAS TIERRAS Y DE LOS MARES.—Los movimientos del suelo continúan á diversos intervalos; y hácia la mitad del período, en el momento en que mejor se caracteriza, los mares cubren principalmente el centro y el oeste de Europa. El NO. de Francia estaba ocupado por una cuenca cuyas orillas tocaban en los Vosgos y la meseta central, corriéndose de sur á norte en medio de Inglaterra, reunida entonces al continente; y se prolongaban acaso á gran distancia por el Océano Atlántico. Otra cuenca, comunicando con la primera por el estrecho de Poitiers, se extendia al sureste de la Bretaña y de la Vendée, y de la isla de la mesa central; enlazábase por el lado del este con la cuenca mediterránea, cuya orilla rodeaba la Isla Central; y formábase de este modo un gran estrecho que desembocaba en la cuenca anglo-parisiense, entre la punta del Morvan y el promontorio meridional de los Vosgos. El mar penetraba entre estos y la Selva Negra, constituyendo un golfo en el emplazamiento de la Alsacia y del país de Baden. Extendíase despues á una gran distancia por Alemania, del lado del Este, y reuníase tal vez en el norte con el mar de la cuenca anglo-parisiense, por Hanover y Brunswick. En el Nuevo continente, las aguas marinas se habian retirado casi del emplazamiento de los Estados Unidos, donde los depósitos secundarios ocupan solo espacios muy limitados. Esta disposicion de las tierras y de los mares se conserva sin grandes variaciones, así en Europa como en América, hasta el promedio del terreno terciario.

FAUNA DEL TRIAS.—La fauna del trias indica un tránsito entre la época paleozóica y la mesozóica; conserva todavía cierto número de tipos antiguos; pero todos, ó casi todos, se extinguen en este terreno, donde aparecen, en número infinitamente mas considerable, los primeros tipos del período secundario, pareciendo que la vida se reanima despues de una brusca decadencia. No se puede pues vacilar en unir el trias con los terrenos mesozóicos.

ESPONGIARIOS.—Por primera vez se presentan los espongiarios en abundancia; pero apenas se encuentran sino en el trias alpino, que contiene una docena de géneros; los mas de ellos son nuevos y recuerdan los tipos secundarios.

ZOÓFITOS.—La misma observacion podemos hacer respecto á los políperos, que se multiplican bastante en el trias alpino: pertenecen á la familia de los zoantos aporos, caracterizados por su cubierta laminar y foliácea de tabiques enteros, sin divisiones, ó por lo menos incompletas. El reducido número de los géneros de crinoideos se compensa en cierto modo con la extraordinaria abundancia de los individuos del Encrinus liliiformis, cuyos artículos llenan bancos muy espesos y de gran extencion en la caliza del Muschelkalk. Los encrinidos se reconocen por su tallo largo, blando, dilatado debajo del cáliz, que es bastante corto y sostiene brazos formados por una doble serie de piezas alternas. Los esteléridos están representados principalmente por el género Aspidura; y los equínidos por los géneros Cidaris y Hemicidaris, cuyas especies se multiplicarán mucho en el terreno jurásico.

BRIOZOOS.—Los moluscos briozoos escasean mucho en el trias.

BRAQUIÓPODOS.—Los braquiópodos se rehacen un poco: encuéntraseles principalmente en el trias alpino, donde ofrecen, en proporcion casi igual, una curiosa mezcla de géneros paleozóicos (Cyrtia, Spirifer, Spirigera) con otros pertenecientes á todas las épocas (Lingula, Terebrátula, Rhynchonella). Hay, sin embargo, progreso en las formas de las faunas recientes, extinguiéndose en el trias todos los géneros paleozóicos, con excepcion de los Spirifer.

ACEFALOS Y GASTERÓPODOS.—Los acéfalos progresan mas aun, así como los gasterópodos; en lo sucesivo predominan estas dos clases sobre todas las demás en la division de los moluscos. Los tipos recuerdan los del período secundario, aunque varios géneros paleozóicos, tales como los Macrocheilus, Loxonema, Murchisonia, Porcelia, Evomphalus, etc., continúan sobreviviendo. Los acéfalos se enriquecen con los géneros Ostrea, Perna, Gervilia, Lima, Trigonia, Opis, etc., cuyas especies abundan en los terrenos secundarios.

CEFALÓPODOS.—Los nautílidos recuerdan mas bien los tipos antiguos, y su decadencia queda ya consumada, puesto que estos moluscos, tan numerosos en otro tiempo, solo están representados, á partir del trias, por los nautilos de espira cubierta. Los amonítidos, por el contrario, adquieren importancia. Los Ceratites y los verdaderos Ammonites aparecen en Europa; estos últimos son propios del trias alpino, donde se encuentran con los últimos Orthoceras, gasterópodos y braquiópodos paleozóicos. En la India no sucedió lo mismo: Mr. Waagen encontró en una capa caliza de poco espesor verdaderos Ammonites de lóbulos ya complicados, así como tres Productus y dos Athyris carboníferos y un Productus pérmico. Como de tránsito entre los goniatites y los ammonites, los ceratites que caracterizan el trias tienen los lóbulos dentados, pero no recortados todavía. Véase el terreno triásico en la Geología.

ARTICULADOS.—En la division de los articulados progresan los crustáceos, haciendo aquí su aparicion el órden de los decápodos que es el mas elevado de la clase representado por géneros pertenecientes á la familia de los macruros, algunos de los cuales, particularmente los Pemphix, caracterizan el terreno del trias. En el órden de los Filópodos, los Esteria, que tienen un caparazon bivalvo como los cipris, producen numerosas especies, alcanzando aquí su máximum, Algunas larvas de efémeras y otros neurópteros han dejado varios vestigios en el trias de los Estados Unidos.

PECES.—La fauna ictiológica no ha progresado: cas-

del todo propios del trias normal, los peces pertenecen, como anteriormente á las sub-clases de los placoideos y de los ganoideos: entre estos últimos no se señalan apenas mas que rombíferos.

REPTILES Y BATRACIOS.—Los reptiles son igualmente particulares del trias normal: por primera vez forman un conjunto importante produciendo numerosos tipos, precusores de la rica fauna jurásica.

LABIRINTODONTES. — Alcanzan aquí su máximum: bastante pequeños en la época carbonífera, adquieren en el trias enormes dimensiones, puesto que se han encontrado cráneos que median hasta 1m30 de largo. Estos singulares animales parecen de tránsito entre los reptiles y los batracios; y han tomado su nombre de los dientes, en los que la materia huesosa presenta, en su seccion trasversal, las circunvoluciones mas complicadas (véase la fig. 82, pág. 508 de la Paleontología); estos órganos eran cónicos y bastante fuertes, hallándose fijos en alvéolos, carácter que aproxima los labirintodontes á los reptiles, de los cuales tenian igualmente las escamas. Su cabeza estaba protegida por placas huesosas, pareciéndose mucho en algunos géneros á la de los crocodilos. Tenian no obstante al mismo tiempo dos cóndilos occipitales como los batracios; parecian carecer de costillas, de huesos lagrimales y de occipitales superiores; los temporales se asemejaban á los de los batracios, y como estos últimos, estaban provistos con frecuencia de dientes fijos en el vómer y en los palatinos. Los labirintodontes eran sin duda batracios gigantescos, cuyos análogos no subsisten ya en la naturaleza viviente. No es posible, sin embargo, pronunciarse sin apelacion, pues los órganos respiratorios y circulatorios, siempre tan esenciales, no se han conservado nunca en los individuos fósiles.

LACERTIDOS.—Bastante numerosos estos séres están representados por tipos tan variados como singulares, por ejemplo los Dicynodon de la India y del Cabo de Buena Esperanza, que llevaban en la mandíbula superior dos largos colmillos situados como los de las morsas; la inferior estaba solo provista de un pico córneo, análogo al de las tortugas. Estos animales participaban á la vez de los caractéres del lagarto, del crocodilo y del quelonio. Los Galeosauros del Africa austral tenian incisivos, caninos y molares distintos, como los de los mamíferos. El Rhynchosaurus, con su cráneo de lagarto, reunia varios caractéres de las tortugas y de las aves. Los reptiles nadadores, ó enaliosaurios, que dan á la fauna secundaria su principal carácter, son todavía poco numerosos, perteneciendo á la familia de los simosaurios. Por último, los reptiles voladores ó Pterodactylus, cuyo destino parece enlazado con el de los enaliosaurios, han dejado algunos vestigios en el trias de los Estados Unidos.

HUELLAS.—En América principalmente se han descubierto muchas huellas, atribuidas á reptiles, habiéndose podido distinguir 55 especies distintas de estas señales de pasos en las areniscas del Conecticut. Algunas tienen hasta 40 centímetros de largo, y varias son tridáctilas, presentando una disposicion de las falanges análoga á la de las aves; pero como los Iguanodon tienen el pié conformado del mismo modo, no se sabe si estas huellas pertenecen á reptiles ó á aves. Esta última clase parece representada sin embargo por otras huellas de tres dedos, observadas en las areniscas de Massachussets y de Conecticut, conocidas con el nombre de Ornitichinites. M. Hitchkook ha distinguido sobre 30 especies de huellas diferentes, una de las cuales indica un animal de mas de cuatro metros de altura, que daba pasos de mas de dos metros. En época reciente, Mr. Deane dió á conocer otras impresiones, algunas de las cuales eran claramente palmeadas; por otra parte los coprolitos recogidos por Mr. Hitchkook cerca de las huellas tridáctilas, parecen indicar que unas y otras fueron trazadas por aves, siendo imposible, por lo tanto, dejar de comprender á esta clase importante en el número de las que aparecen en la época del trias.

MAMÍFEROS DIDELFOS Ó MARSUPIALES. — A esta clase debemos agregar la de los mamíferos; con efecto, si el Microlestes antiguo de la brecha de Dagerloch (Wurtemberg) pertenece, segun es probable, al bone-bed, y de consiguiente á la formacion jurásica, será cierto que el Dromatherium silvestre, descubierto por Mr. Emons en la arenisca roja de la Carolina del Norte, es un animal del trias. Es un pequeño marsupial afine de los mirmecobios de Australia. Varias huellas reconocidas en la arenisca abigarrada de los Vosgos parecen corresponder igualmente á un mamífero.

CARACTÉRES DE LA FAUNA DEL TRIAS.—En resúmen, el terreno del trias se caracteriza por los innumerables restos del Encrinus liliiformis; por el género Myophoria, casi especial, por los Ceratites (C. nodosus, etc.), los crustáceos decápodos de los géneros Pemphix, Polinurus, las esterias, los labirintodontes, un gran número de géneros particulares de reptiles y la 1.ª aparicion de los mamíferos.

FLORA DEL TRIAS.—La flora del trias no brilla por su riqueza, puesto que apenas comprende un centenar de especies: se compone de las mismas familias que las anteriores: los helechos se encuentran casi en todas partes, pero las equisetáceas y las coníferas predominan en la base, y las cicadeas llegan á ser muy numerosas en la parte superior del terreno. Hé aquí porqué los mas de los autores admiten en el trias dos floras distintas; una inferior, circunscrita á la arenisca abigarrada; y la otra superior, en las margas ó el Keuper. La primera se relaciona con las floras paleozóicas, la segunda con las secundarias; muchas especies de esta última se asemejan de tal modo á plantas jurásicas, que hay tal vez identidad. Si el hecho llega á confirmarse, el límite entre los terrenos paleozóicos y los de la época secundaria deberia estar en medio del trias, á juzgar tan solo por su flora; de todos modos, los bancos inferiores arenáceos se reconocen fácilmente por las Voltzia y sobre todo por el Calamites arenaceus, muy abundantes: por el contrario, los Zamites y los Pterophyllum han permitido con frecuencia atribuir á las margas irisadas las capas en que se encontraban otros fósiles.

ESTADÍSTICA DE LA FAUNA.—La fauna es por lo menos tan pobre como la flora, si se considera solo el trias normal, que cuenta unas 200 especies; pero llega á ser de pronto notablemente rica en el trias alpino, donde se han hallado 750 especies solo en las capas de San Casiano. El número total de los fósiles del trias contados por Bronn en 1850 asciende á 1140; en 1872 le hacia subir Mr. Barrande á 1,300. Resulta pues una fauna comparable, en cuanto al número, á una de las de los terrenos precedentes. La naturaleza del centro mineralógico parece haber influido mucho sobre la distribucion de los fósiles en el sentido vertical. Así se observa que mientras la arenisca abigarrada, que se depositó, sobre todo al principio, en un mar agitado, como lo demuestran los guijarros que contiene, apenas encierra mas que restos vegetales; por el contrario la fauna marina del trias normal está concentrada en la caliza conchífera, formada por via de precipitacion química en un mar mas tranquilo. Los vegetales reaparecen en las margas irisadas, que no encierran mas fósiles animales que una língula y esterias, sumamente raras en todas partes. Esta pobreza es evidentemente resultado de las condiciones desfavorables del medio ambiente y del suelo; la vida no era con efecto fácil, ni aun

para los animales marinos, en aguas inyectadas continuamente de yeso, magnesia, cobre y otras sustancias nocivas; al paso que las plantas se mantenian á favor de las corrientes de agua.

Bajo el punto de vista paleontológico, la fauna del trias normal y la del llamado alpino son casi del todo distintas, pues solo contiene un reducido número de especies comunes. Hay de consiguiente en el trias dos faunas cuya importancia equivale poco mas ó menos á dos terceras partes de la del terreno silúrico y al doble de la del pérmico. Las faunas contrastan singularmente con las dos floras por el concepto de la sucesion de los tipos. Como es natural, las plantas de la arenisca abigarrada recuerdan las formas paleozóicas, y las de las margas irisadas las mesozóicas; pero por una extraña anomalía, el trias alpino, es decir el mas reciente, es el que contiene casi en absoluto los animales de los tipos antiguos (Spirifer, Murchisonia, Porcellia, Ortoceras, Nautilos de espira separada, etc.), encontrándose revueltos con los Ammonites, las Farianelas, las Limas y otros géneros de los terrenos secundarios.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES.—Obsérvanse en este concepto las mismas irregularidades en el trias, considerado en sentido horizontal, que las ya notadas en otros terrenos; Europa contiene el trias alpino y el normal, este último incompleto con frecuencia, y reducido á dos ó á una sola de sus divisiones. En los Estados Unidos, donde este terreno ocupa una vasta superficie, no se han observado vestigios auténticos de animales marinos; razon por la cual pregunta D'Archiac dónde estaban los océanos de aquella parte de la tierra durante la época del trias. En Siberia se han hallado bajo el 75° cuatro Ceratites que recuerdan los del Tirol; las 35 especies recogidas en el Himalaya son en su mayor parte Spirifer, Goniatites y Ammonites de la fauna alpina; otro tanto sucede con los fósiles del Tibet. La India central ha dado peces y labirintodontes, y la isla de Timor un Ammonites y un género nuevo (Actomoderma) afine á los Inoceramus. En la Nueva Zelanda se encuentran Spirifer, Spiriger, Avículas, Monotis y otros fósiles análogos ó específicamente idénticos con los de los Alpes de Salzburgo. El Africa austral apenas ha producido mas que los singulares reptiles citados antes. Por último, en California se señala una rica asociacion de fósiles alpinos entre los cuales se encuentran cuatro especies europeas. Resulta, pues, que ha sido un error calificar de anómalo al trias de los Alpes de Austria, toda vez que este tipo parece mucho mas diseminado en el globo. Bueno es añadir que el trias es tal vez peor conocido que otros terrenos mas ricos en fósiles, menos variados en su composicion mineralógica y de composicion mejor definida. Muchas localidades deben ser objeto de un nuevo exámen, lo cual quizás haga cambiar muchas de las opiniones hoy en boga.

FAUNA JURÁSICA.—La extension vertical del terreno no excede de 1600 á 2000 metros en los parajes donde mas completo se halla, pero la fauna jurásica es muy rica. En 1850, Bronn registraba ya cerca de 4000 especies; y en 1872 indica Mr. Barrande 4730. La vida orgánica sale pues rápidamente de la momentánea decadencia en que pareció caer al pasar del período primario al secundario, por lo menos en Europa.

FORAMINÍFEROS Y ESPONGIARIOS.—Abundan los foraminíferos y los espongiarios.

POLÍPEROS.—Reducidos casi á la familia de los Zoantos aporos, los políperos llegan á un primer máximum, del cual no pasarán apenas sino en la época actual. Por primera vez constituyen á diversos niveles verdaderos arrecifes, de ordinario muy desarrollados en los pisos de la grande Oolita y del coral rag. Muy inferiores en extension á los arrecifes de nuestros mares tropicales, los del piso coralino les aventajaban sin embargo en superficie, puesto que se han hallado en casi todas las latitudes.

CRINOIDEOS.—Los crinoideos llegan rápidamente á su segundo y último máximum; pero en adelante no harán mas que decaer. A ciertos niveles, y en varios países, forman verdaderos campos sub-marinos, y sus tallos articulados constituyen casi por sí solos, bancos de notable espesor y gran extension en el Jura de Borgoña y del Franco Condado. Los principales géneros son los Pentacrinus, Apiocrinus, Millericrinus, Eugeniacrinus, Isocrinus, etc., casi todos especiales y de la familia de los picnocrinidos. Tenian en general un tallo largo y recto sosteniendo un cáliz compuesto de piezas muy gruesas; de modo que la cavidad visceral quedaba considerablemente reducida; los brazos eran libres, y á veces muy ramosos. Aparece una nueva familia, la de los Comatulidos, que son crinoideos libres, y de consiguiente sin tallo, semejantes á los astéridos, sobre todo por sus brazos sueltos, articulados y ramificados como los de los Euriales, pero difieren esencialmente por su estacion, que es inversa, hallándose siempre la boca hácia arriba. Cuando jóvenes tienen además un tallo rudimentario, carácter que les comunica mas analogía con los verdaderos crinoideos. Varios géneros de comatulidos existen aun en nuestros mares.

ASTÉRIDOS.—Los astéridos se aumentan con la familia de los ofiuridos, que establecen igualmente el tránsito á los crinoideos. Estos últimos se han propagado hasta nuestra época, distinguiéndose por sus brazos cilíndricos, delgados, que no se ahuecan interiormente ni tienen relaciones con el aparato digestivo.

EQUÍNIDOS.—Este órden adquiere súbitamente extremada importancia, y sus representantes, que pululan en la inmediacion de los arrecifes coralinos de la época, constituyen por primera vez una numerosa fauna. Los erizos de mar jurásicos pertenecen, por otra parte, á las tres familias de los cidáridos, clipeastridos y espatangidos, cuyas especies se han multiplicado mucho en nuestros mares. Los primeros tienen una cubierta esférica mas ó menos elevada ó deprimida, pero siempre regular; el ano ocupa la extremidad superior, y la boca está debajo, en la del eje central, hallándose siempre provista de cinco máxilas: es la familia predominante en la época jurásica. Los clipeastridos, mucho mas raros, se caracterizan por la forma oblonga de su cubierta, y por la abertura anal, situada hácia el lado posterior; la boca se conserva en el centro, pero se abre á veces oblicuamente, jamás hácia adelante; no siempre tiene maxilas. Menos numerosos aun en el terreno jurásico, los espatangidos tienen la concha oval, el ano posterior, la boca sin maxilas, casi siempre abierta oblicuamente hácia adelante, situada entre el centro y el borde anterior.

BRIOZOOS.—Los moluscos briozoos tocan casi á su máximum: forman en general parte del órden de los tubulíporos, que se reconocen, como queda dicho, por sus células prolongadas en tubos y reunidas oblicuamente de modo que forman colonias semejantes mas bien á un polípero ramoso, que á una lámina extendida.

BRAQUIÓPODOS.—Los braquiópodos, que tendrán aun dias relativamente prósperos, sin salir por esto de su decadencia, pierden sus últimos géneros paleozóicos Spirifer y Leptœna, y apenas se enriquecen mas que con los Terebratella y los Thecidæa. Los primeros se distinguen de las verdaderas Terebrátulas por su área, y los segundos, que pueden servir de tipo á una nueva tribu, tienen un aparato branquial complicado, una gruesa concha, fija al suelo por el ápice que no está nunca perforado. Muy numerosos en especies, los

géneros Terebrátula y Rhynchonella no están léjos de su máximum; las Crania, las Lingulas y las Orbiculas están bastante bien representadas.

ACÉFALOS Y GASTERÓPODOS. — Los acéfalos y gasterópodos se multiplican de tal manera, que no podrian indicarse todos los géneros sin traspasar los límites de una obra de esta índole, debiendo limitarnos á citar los mas numerosos en especies y característicos. En los acéfalos pleuroconcos son las Ostrea (con los sub géneros Exogyra y Gryphæna), Anomia, Plicatula, Hinnites, Pecten, Lima, Inoceramus, Gervilia, Perna, Trichites, Avicula y Diceras; en los ortoconcos integropaleales, las Pinna, Mytilus, Nucula, Arca, Trigonia, Cardinia, Myoconcha, Cardita, Opis, Astarte, Lucina, Corbis, Hetangia, Cardium y Cyprina; y en los ortoconcos sinupaleales: Venus, Isodonta, Tellina, Ceromya, Thracia, Anatina, Mactra, Corbula, Pholadomia, Panopæa, Folas, Teredo y Gastrochoena. Los gasterópodos están representados principalmente por los Capulus, Patella, Cerithium, Purpura, Pterocera, Pleurotomaria, Trochus, Turbo, Delphinula, Solarium, Phasienella, Natica, Nerinæa, Chemnitzia, Scalaria y Turritella. Fácil es observar que los géneros paleozóicos han desaparecido casi completamente.

CEFALÓPODOS. — Los cefalópodos tentaculíferos adquieren gran importancia en la época jurásica, perteneciendo casi todos á la familia de los amonitidos, pues la de los nautilidos no está representada despues, sino por el único género nautilus, cuyas especies se conservan bastante numerosas, contándose aun cuatro representantes en nuestros mares tropicales. Aunque muy abundantes en todos los niveles, los amonitidos jurásicos distan mucho de ofrecer la variedad de tipos de la época cretácea, aplazando para entonces su descripcion. Me limitaré á decir que sus principales géneros son los Toxoceras, los Ancyloceras y los Ammonites, predominando estos últimos, que alcanzan quizás su máximum. Los Ammonites jurásicos pertenecen sobre todo á las formas de dorso carenado de los grupos de los arietinos, falciferos y amalfeos; á las de dorso surcado del grupo de los dentados; á las de dorso aplanado del grupo de los armados, y, por último, á las de dorso redondeado de los grupos capricornios, heterófilos, planos, coronados, macrocéfalos y fimbriados. Véanse los grabados referentes á estos cefalópodos en la Geología y Paleontología.

ACETABULÍFEROS.—Estos no solo son los moluscos mas superiores, sino que su organizacion es en muchos conceptos mas compleja que la de los articulados superiores, y aun de ciertos vertebrados. Se les llama tambien dibránquios, porque no tienen mas que dos bránquias, mientras que los tentaculíferos están provistos de cuatro. Siempre libre, el animal no tiene casi nunca concha exterior, pero posee de ordinario un huesecillo interno, mas ó menos prolongado y plano, provisto algunas veces de expansiones laterales en forma de aletas: el cuerpo termina por una cabeza con dos grandes ojos, coronada de ocho ó diez brazos que tienen ventosas ó ganchos córneos. En el centro de la cavidad circunscrita por la base de los brazos se abre una boca armada de un robusto pico, con dos mandíbulas encorvadas. Los acetabulíferos se dividen en dos sub órdenes: 1.° los octópodos, que tienen ocho brazos iguales, todos afilados, careciendo de huesecillo interno; 2.° los decápodos, que tienen los mas un huesecillo, pero cuyos brazos, en número de diez, son desiguales; ocho de estos afectan una forma afilada, y están provistos de ganchos ó de ventosas en toda su superficie interna; y los otros dos, que les aventajan en longitud, no llevan ventosas mas que en su extremidad, siempre dilatada en espátula. Todos los acetabulíferos de la época secundaria pertenecen al sub órden de los decápodos.

BELEMNITES. — Sus géneros son numerosos en el terreno jurásico, donde el sub órden alcanza su primer máximum; pero todos quedan eclipsados en cierto modo ante el género Belemnites, tan rico en especies en el terreno jurásico, y en el cretáceo, del cual no traspasa los límites. Pocos fósiles han dado márgen á tantas exageraciones y fábulas como estos, considerados sucesivamente como caprichos de la naturaleza, ó piedras producidas por el rayo, estalactitas, dardos, ámbar endurecido, dientes de cachalote ó de crocodilo, espinas de peces, tallos de erizos, brazos de estrellas de mar, pólipos, tubos de anélidos, y otras muchas cosas mas que no puedo citar aquí: los campesinos rusos les daban el nombre de *garras del diablo*. Todos estos errores eran tanto mas disculpables en una época en que los fósiles mejor conservados se consideraban por los sábios mismos como petrificaciones fortuitas, cuanto que durante largo tiempo no se conoció sino una exigua parte del hueso de los Belemnites. Blainville fué quien determinó su verdadera naturaleza y A. de Orbigny descubrió el animal entero. Mas tarde se hallaron en Inglaterra huellas del cuerpo casi completo de belemnites, que habian conservado su bolsa de tinta y las huellas de los brazos.

Eran los Belemnites animales temibles algunas veces y cuyo tamaño excedia de dos metros en las grandes especies: el cuerpo, prolongado y cónico, estaba provisto de dos aletas como el de los calamares; el huesecillo interno consistia en un rostro cilíndrico ó aplanado, que termina generalmente en punta, presentando en el otro extremo una cavidad cónica, donde se encerraba el cono alveolar. Esta cavidad se prolonga por la region dorsal del individuo en forma de lámina córnea muy ancha y aplanada, con estrías concéntricas de crecimiento. Raro es encontrar en estado fósil sino el rostro, mas ó menos entero, provisto de una parte de su cavidad. El cono alveolar hállase casi siempre incompleto; el rostro, de naturaleza córnea, se compone de capas concéntricas encajadas unas en otras como otros tantos conos, formadas por fibras triangulares, que irradian del centro como los radios medulares del tronco de los árboles dicotiledones, siendo mas gruesas hácia la punta del rostro, que se presenta tan pronto agudo como redondeado y romo. El rostro mismo afecta con frecuencia la forma de un cilindro atenuado en cono; pero algunas veces se adelgaza ó aplana en su centro, y mas raramente es poliédrico, particularmente en la juventud; de ordinario presenta surcos cuyo número ofrece un buen carácter para la distincion de las especies. Bastante análogo á una concha de nautilido, el cono alveolar hállase dividido por tabiques cóncavos, que separan á varias celdas atravesadas por un sifon ventral, que se estrecha al contacto de los tabiques (Véanse págs. 345 y 482 de la Paleontología y Geología).

D'Orbigny dividió los Belemnites en cinco familias, de las cuales las cuatro primeras están representadas en el terreno jurásico, siéndole casi peculiares la segunda y la cuarta; estas familias son: 1.ª los acuarii, de rostro cónico, por lo regular asurcado cerca de la punta; 2.ª, los canaliculati, de rostro prolongado, cónico ó lanceolado, con un gran surco ventral longitudinal; 3.ª, los hastati, de rostro prolongado á menudo lanceolado, con surcos laterales; 4.ª, los clavati, de rostro largo, á veces lanceolado y provisto de surcos laterales; y 5.ª, los dilatati, de rostro mas ó menos ensanchado y comprimido, con surco anterior y otros laterales. En el terreno jurásico alcanzan los Belemnites su máximo desarrollo.

Vemos, pues, que la division de los moluscos ha comenzado á la vez por su clase mas imperfecta (braquiópodos) y

por la mas elevada (cefalópodos). Esta última tiende al perfeccionamiento desde su orígen, habiendo comenzado por los tentaculíferos. De las dos familias que constituyen este último órden, la mas imperfecta, la de los nautílidos, apareció la primera; la de los amonitidos presentó desde luego los tipos de tabiques agudos (goniatites), despues los de tabiques dentados (ceratites), y por último los que los tienen ramificados (ammonites).

ARTICULADOS.—En la division de los articulados, las serpulas aumentan en número, y aparecen los verdaderos cirrípedos. Los crustáceos alcanzan una riqueza que solo aventajan los actuales, sobre todo en el órden de los decápodos, representados por unos cuarenta géneros especiales, en el piso coralino. Los isópodos se multiplican: á los insectos ya existentes se agregan los dípteros, los himenópteros, los hemípteros y los lepidópteros.

VERTEBRADOS.—Los vertebrados no van en zaga á las otras divisiones: si los peces ganoideos heterocercos han desaparecido casi del todo, los homocercos, que parecen datar del trias, pululan en todos los mares, llegando el órden de los ganoideos á su máximum absoluto, tanto por el número de géneros, como por el de las especies. Los placoideos están igualmente muy bien representados, los teleosteos aparecen, pero manifestándose al principio en corto número.

REPTILES.—De todas las clases del reino animal, esta es incontestablemente la que comunica á la fauna jurásica un sello particular, pudiendo decirse con razon que la época de este nombre es el reinado de los reptiles.

Los labirintodontes se extinguen en los bancos inferiores, donde solo cuentan ya un género; pero los lacertiformes, por el contrario, se enriquecen con varios tipos especiales. Los crocodílidos que comienzan á manifestarse, cuentan al menos doce géneros.

Los quelonidos aparecen igualmente por primera vez y no tardan en multiplicarse; pero los órdenes de enaliosaurios y terodáctilos son los que comunican principalmente á la fauna jurásica su carácter mas notable.

ENALIOSAURIOS.—Los primeros eran formidables animales que ejercian un verdadero dominio en el mar. Sus vértebras bicóncavas se asemejan á las de los peces; por el esqueleto del tronco se relacionan con los lagartos; sus dientes, fuertes y cónicos, como los del crocodilo, estaban fijos en una ranura de la maxila, que hacia las veces de alvéolos; tenian cuatro miembros anchos y aplanados como remos; poco distintos por la forma de los del metacarpo, los huesos de los dedos constituian un gran número de series, de modo que sus aletas estaban organizadas poco mas ó menos como las de los cetáceos. Sus principales géneros jurásicos son los Ictiosauros y los Plesiosauros.

ICHTHYOSAURUS.—De formas pesadas y recogidas, estos reptiles recuerdan á la vez los grandes peces y los cetáceos de regular tamaño. Tenian la cabeza larga y puntiaguda, provista de dos ojos enormes, cuya esclerótica estaba protegida por un círculo de placas huesosas; los dientes eran sólidos, pudiendo elevarse su número á 180, que se reemplazaban como los del crocodilo. Los Ichthyosaurus figuran en gran número en el terreno jurásico, sobre todo en los niveles inferiores. En algunas especies excedia la longitud de 10, y hasta de 12 metros.

PLESIOSAURUS.—Los Plesiosauros, mas gigantescos aun, alcanzan igualmente su máximum en el terreno jurásico; pero mas bien en los pisos superiores. Eran animales aun mas extraordinarios que los Ichthyosaurus, aunque tambien con sus formas recogidas, siendo mas poderosas las aletas; el cuello, muy largo y delgado, se asemejaba al del cisne; la cabeza, en extremo pequeña, estaba provista de maxilas infinitamente menos formidables que las del Ictiosauro. Sin embargo, el notable desarrollo de los remos indicaba un animal ágil, temible para sus víctimas. Las vértebras de los plesiosauros son menos cóncavas que las de los otros géneros de la familia.

PTERODACTYLUS.—Los Pterodactylus, ó lagartos voladores, tenian un pico de ave provisto de dientes, con cuerpo de reptil; impropios para la marcha ó la natacion, las extremidades anteriores terminaban en un dedo de longitud desmesurada, que servia de apoyo á una membrana análoga á la de los murciélagos; algunos individuos alcanzaron notable talla. Estos son seguramente los dragones de la fábula: la imaginacion mas calenturienta no pudo crear ciertamente en sus mayores desvaríos una coleccion de mónstruos mas extraños que los que vivieron en la época jurásica. Los Pterodactylus que llegan aquí á su máximum, no se extinguen sino en el terreno cretáceo.

DINOSAUROS.—Debemos por fin mencionar un último órden, el de los dinosauros, que no llega sin embargo á su máximum hasta el terreno cretáceo, ó mas bien en las capas de agua dulce que existen, en el Oeste de Europa, en la base de aquel. Si los Enaliosauros y los Pterodáctilos causan asombro por su extraña y extraordinaria forma, los dinosauros no producen menos admiracion en el naturalista que se muestra curioso por los detalles de la estructura íntima. Muy superiores á los otros reptiles por el concepto de la perfeccion orgánica, los dinosauros recuerdan por varios estilos los vertebrados de sangre caliente, pues aunque sus dientes se parecen á los del Iguana, y son de ordinario comprimidos y denticulados, y la estructura del dorso es análoga á la de los escincos, presentan un sacro compuesto de cinco vértebras, como el de los mamíferos; sus largos huesos llevan un canal medular, y están provistos de fuertes apófisis, caractéres que no existen en reptil alguno. Las piernas se apoyaban casi verticalmente en el suelo, y no en sentido oblícuo; por último, en los Iguanodon, los dientes estaban desgastados por la masticacion manifestando ciertos indicios que la forma del cóndilo maxilar permitia movimientos horizontales de trituracion. Vemos que los dinosauros guardan hasta cierto punto un término medio entre los reptiles y los mamíferos, interesando su estudio en el mas alto grado al zoólogo, quien sentirá sin embargo no poder estudiar el aparato circulatorio. Eran los mas gigantescos de todos los vertebrados de sangre fria, pues á juzgar por los restos que han dejado, los Megalosauros alcanzaban hasta 12 metros de longitud, los Iguanodon 20, y los Pelosauros cerca de 25: eran en general carniceros; únicamente los Iguanodon parecian herbívoros.

La clase de los reptiles no ha obedecido, pues, á la ley del perfeccionamiento orgánico contínuo: comenzó por tipos del órden de los lagartos, y por algunos otros de familia todavía dudosa, pero seguramente de mediana superioridad; y despues produjo sus modelos mas perfeccionados (crocodilos, tortugas, dinosauros), para declinar bien pronto, produciendo en último término las serpientes.

AVES.—Las aves han dejado en las calizas de Solenhofen (Baviera) sus primeras huellas bien auténticas, á saber, el Archæopteryx lithographica. Tan singular como los reptiles contemporáneos, de los cuales ostentaba ciertos caractéres, el Archæopteryx estaba provisto de una cola prolongada, compuesta de un gran número de vértebras que continuaban el eje dorsal, llevando en cada una de ellas dos plumas laterales.

MAMIFEROS.—En varios niveles hánse descubierto osamentas de mamíferos, todas de reducida talla, pertenecientes á la subclase de los marsupiales. Sus especies comien-

zan á multiplicarse: el infra-lias ha dado 2, la oolita de Stonesfield 4, y las capas del Purbeck, al menos 14. Esta fauna se parece de tal modo á la de Australia, que ciertos autores han pensado que aquel continente estaria aislado de todas las demás tierras á partir de la época mesozóica, y que conservó su poblacion primitiva de mamíferos, sin ninguna mezcla de las formas mas perfeccionadas que se han desarrollado en las demás partes del mundo. Sin embargo, esta hipótesis refutada por una multitud de hechos, y particularmente por la composicion de la flora actual del país, no se justifica mejor que las concepciones análogas de que se hace tanto uso hoy dia cuando se escribe sobre Geografía zoológica ó botánica.

Al revés de lo que se observa dentro de cada una de las clases de reptiles, peces y moluscos, en los vertebrados en general se ve distintamente un buen ejemplo del perfeccionamiento orgánico continuo, puesto que sus clases aparecieron en el órden siguiente: peces, batracios y labirintodontes, reptiles, aves, marsupiales y mamíferos ordinarios: estos últimos no se manifiestan hasta la época terciaria.

FLORA JURÁSICA.—Generalmente mal conservadas y representadas por ejemplares insuficientes, las plantas fósiles que llegaron hasta nosotros no pueden darnos sino una idea por demás incompleta de la flora jurásica; pudiendo aplicarse esto con mas ó menos fundamento á todas las formaciones marinas que apenas contienen mas que los vegetales terrestres que crecen cerca de las orillas y son arrastrados por las corrientes. Hay que limitarse, pues, á decir que la flora jurásica comprende unas 300 especies, pertenecientes las mas á las familias de los helechos, coníferas y cicadeas, las cuales llegan á su apogeo y están representadas principalmente por el género Zamites. Las coníferas corresponden sobre todo á las tribus de las araucarias y cupresineas, ofreciendo no obstante algunos tipos arcaicos, en particular los Brachyphyllum, que parecen corresponder á los Walchia de la época pérmica, sin análogas en las floras siguientes. La existencia de los insectos himenópteros y lepidópteros implica casi forzosamente la de las flores, y por lo tanto la de los vegetales angiospermos. Señálanse, efectivamente, acá y allá algunas palmeras; y en una localidad inglesa un fruto que parece pertenecer á un pandanus.

CARACTÉRES DE LA FAUNA JURÁSICA.—Tal es, en breves palabras, el cuadro de la rica época jurásica, caracterizada esencialmente por los arrecifes de coral, ó atolones, por las praderas de crinoideos, las Panopeas, los Diceras, las Trigonias, las Nerineas, los Ammonites y Belemnites, los crustáceos decápodos, los peces ganoideos homocercos, los reptiles colosales y extraordinarios, los mamíferos didelfos, y las cicadeas.

El terreno se ha dividido en diez ó doce pisos, cada uno de los cuales contiene su fauna propia. Entre todos estos pisos obsérvase el paso de fósiles en mayor ó menor número, segun la situacion geográfica y el nivel del terreno; notándose que este hecho es mas frecuente en los horizontes superiores que en los inferiores. Segun D'Archiac (1866) en Inglaterra 134 especies son comunes á dos pisos consecutivos, 37 á tres, 9 á cuatro, pero ninguna los atraviesa todos: el número de los fósiles que existen simultáneamente en dos pisos en contacto varía de uno á cincuenta y ocho. Segun estos datos, el terreno jurásico de Inglaterra, y otro tanto puede decirse del de las regiones inmediatas en el continente, se parece al terreno silúrico de los Estados-Unidos, donde las faunas son todavía mas numerosas; pero hay mas irregularidad en el terreno jurásico, donde tienen un valor muy desigual.

DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LOS FÓSILES.—He dicho que el terreno jurásico varia mucho segun la situacion geográfica, siendo tal la variacion que en la misma cuenca se observa que el número, la naturaleza mineralógica y la riqueza en fósiles de los pisos difiere dentro de los mas extensos límites. Como ejemplo citaré los pisos superiores tomados en Lorena, despues en Normandía ó en Inglaterra y en la cuenca anglo-parisiense. A mayores distancias es natural encontrar anomalías mas sensibles aun. Reducido á su parte media, y en un espesor que no excede de 15 á 20 metros, el terreno jurásico de Rusia y de Siberia presenta nuevas asociaciones de fósiles, y contiene muchas especies particulares. Segun queda ya dicho, los fósiles del Himalaya y del extremo Oriente están agrupados de distinto modo que los de Europa; segun Mr. Tate, nótase en todos estos países, como en Australia, en el Sur de Africa y en Chile, una mezcla de especies pertenecientes, en Europa, á pisos distintos; de modo que los tipos europeos sirven de poco. Sin embargo, en la época jurásica están mas diseminadas en el globo las mismas formas; y se han encontrado en la península de Alaska, en la isla de Exmouth y en la tierra del Príncipe Patrick, á los 76° y medio de latitud norte, ammonites, belemnites, pectenes é ictiosauros, con frecuencia idénticos á los de Europa. De veinte especies determinables, recogidas por Mr. Grandidier en Madagascar, ocho por lo menos son europeas, y no hay ningun género nuevo. Así pues la temperatura continuaba manteniéndose elevada y uniforme en toda la tierra; y esto lo demuestra aun la existencia en el norte de Europa de arrecifes de corales comparables con los del golfo de México ó del mar del Sur.

FAUNA CRETÁCEA.—Aun mas rica que la jurásica, la fauna del terreno cretáceo cuenta mas de 5,500 especies, predominando los tipos secundarios; siquiera al terminar se mezclan con los terciarios

FORAMINIFEROS Y ESPONGIARIOS.—En la division de los amorfozoos, los foraminíferos, que adquieren cada vez mas importancia, producen un gran número de géneros y especies. Lo mismo sucede con los espongiarios, cuyos representantes pertenecen casi exclusivamente á la familia de los petrospongidos, los cuales se distinguen por la sustancia pétrea y no córnea de su masa. Sus restos fósiles son tan abundantes que bastan para caracterizar ciertos niveles.

POLÍPEROS Y ZOÓFITOS.—En la division de los radiados, los políperos, siempre muy numerosos, no forman ya arrecifes, ó por lo menos arrecifes de alguna extension; hácia el fin del período abandonan los mares septentrionales, lo cual denota sin duda un descenso de la temperatura. Pertenecen casi todos á la familia de los zoantos aporos. La decadencia de los crinoideos es infinitamente mucho mas acentuada; este órden, que tuvo dos épocas prósperas, solo figurará despues en un lugar secundario. Los esteléridos se conservan mas; los equínidos progresan, y alcanzan mas importancia las familias de los clipeástridos y de los espatangidos.

BRIOZOOS.—Los moluscos briozoos se multiplican asombrosamente, sobre todo en los pisos superiores: una tercera parte de los tipos corresponden al grupo de los celulineos, y las otras dos á los tubulíporos.

BRAQUIÓPODOS.—Los braquiópodos se conservan bastante numerosos, aunque mas en especies que en tipos genéricos. Enriquécense, no obstante, con varios géneros especiales, entre los que citaremos el terebratulina, representado aun por una especie cretácea en nuestros mares profundos, distinguiéndose de las terebrátulas por la ausencia del deltidium y otros caractéres de menor importancia.

ACÉFALOS Y GASTERÓPODOS; RUDISTAS.—Los

moluscos acéfalos y gasterópodos continúan en progresion creciente, limitándome á citar los géneros mas ricos en especies, siquiera se haga una excepcion en favor de la singular familia de los rudistas, tan característica del terreno cretáceo, en cuyos límites se halla completamente encerrada.

Son estos unos moluscos muy extraordinarios, que han puesto á prueba la paciencia y sagacidad de los naturalistas, por lo menos tanto como los belemnites. Háseles clasificado, con efecto, tan pronto entre los cefalópodos como entre los ascidios ó los braquiópodos; pero las investigaciones de Mr. Bayle han probado por fin, que estos singulares animales son moluscos pleuroconcos, afines á las chamas y diceras. Su concha, comunmente muy maciza é irregular se parece á un gran cuerno prolongado, ó bien á una seccion de cono puesta sobre una gran base, ó ya en fin á una chama enorme cuya valva superior se arrollara en espiral. La cubierta está llena de cavidades y células, de ordinario separadas por diafragmas paralelos, simulando los tabiques de la concha de los cefalópodos; presenta además con frecuencia perforaciones tubulares que no dejan de tener analogía con las de ciertos braquiópodos. El animal no habitaba sino una porcion muy reducida de la valva inferior, hallándose el resto ocupado por las cavidades ó senos; la valva inferior es cónica ó de formas extrañas, mientras que la superior en la cual se distinguian sobre todo los tubos y conductos, tan pronto es plana y operculiforme (hippurites), como contorneada á semejanza de la de los diceras (caprinas). La cavidad habitada por el animal ofrece á menudo interiormente pilares verticales ó aristas mas ó menos prominentes. Distínguense los vestigios de los músculos abductores de las valvas, muy próximos entre sí; pero no se ha descubierto ninguna huella del ligamento antagonista destinado á abrir la concha. Este ligamento no existia, hecho único en la clase de los acéfalos; de manera que solo por una especie de dilatacion muscular podia el animal levantar su opérculo. Debajo de la pequeña valva se ven unos dientes cardinales muy fuertes y largos, en número de tres en los hippurites, uno grande y dos pequeños, que servian para regularizar el movimiento de aquella, deslizándose en ranuras correspondientes de la gran valva.

Los principales géneros de rudistas son los hippurites, los espherulites, los radiolites, las caprinas, las caprotinas, etc. Sus especies vivian por lo regular en colonias aglomeradas, formando bancos muy extensos, en que los individuos de todas las edades estaban á veces soldados entre sí por la sustancia misma de la concha. Los rudistas constituyen además en el terreno cretáceo cierto número de asociaciones ó niveles sumamente característicos y bien conocidos de los geólogos. Sus especies abundaban particularmente en la cuenca del sudoeste de Francia; hácia el norte apenas han pasado el 45°, nuevo indicio de un descenso probable de temperatura.

Entre los acéfalos pleuroconcos, los géneros mas característicos son: Ostrea (inclusos los sub-géneros Exogyra y Gryphæa), Plicatula, Spondylus, Pecten (comprendido el subgénero Janira), Hinnites, Lima, Inoceramus, Gervilia, Perna, Avicula, Chama; entre los ortoconcos integropaleales citaremos los Pinna, Mytilus, Nucula, Pectunculus, Trigonia, Arca, Cardita, Astarte, Opis, Crassatella, Lucina, Corbis, Isocardia, Cardium y Cyprina; entre los sinupaleales figuran las Venus, Petricola, Saxicava, Arcopagia, Tellina, Thracea, Anatina, Corbula, Mactra, Pholodomya, Panopea, Solecurtus, Pholas, Teredo, Gastrochoena, etc. Entre los gasterópodos indicaré los Bulla, Dentalium, Patella, Emarginula, Cerithium, Buccinum, Pleurotoma, Pyrula, Fusus, Triton, Mitra, Voluta, Conus, Pterocera, Cypraea, Pleurotomaria, Solarium, Turbo, Trochus, Natica, Avellana, Nerinea, Chemnitzia, Eulima, Scalaria, Turritella y Rissoa; con este último conjunto sucede en cierto modo lo que con la fauna del trias, que contiene en proporciones casi iguales una mezcla de tipos paleozóicos y secundarios, predominando estos últimos. Aquí hay una mezcla de tipos secundarios y terciarios con predominio de estos, por lo menos al finalizar la época. Mas de la mitad de los géneros de gasterópodos enumerados antes se manifiestan en el terreno cretáceo, así como otros muchos menos importantes que no se citan, y que pululan todos en los mares de hoy dia. Las nerineas y algunos géneros de la época secundaria desaparecen para siempre.

AMMONITIDOS.—Los cefalópodos ammonitidos llegan aquí á su máximum, ofreciendo una profusion de tipos que no tiene igual sino en la época silúrica, en la familia de los nautilidos. La estructura de los tipos está trazada sobre el mismo plan; de modo que los Ammonites cretáceos corresponden á los nautilidos silúricos, término por término y género por género, segun puede reconocerse desde luego comparando el cuadro que sigue con el de la pág. 561, siquiera haya mas variedad en la época cretácea.

AMMONITIDOS	lóbulos simplemente dentados..	Concha recta.			Baculina.
		Idem arrollada, vueltas contiguas.			Ceratites.
	lóbulos ramificados.	Concha recta..			Baculites.
		Id. recta y luego doblada sobre sí misma..			Ptychoceras.
		Id. arqueada.			Toxoceras.
		Id. encorvada en ambas extremidades.			Hamites.
		Concha arrollada sobre el mismo plano.	vueltas separadas.	la última en forma de cayado.—	Ancyloceras.
				la última no en forma de cayado.—	Crioceras?
			vueltas contiguas..	la última en forma de cayado.—	Scaphites.
				la última no en forma de cayado.—	Ammonites.
		Concha arrollada en espiral..	vueltas separadas.		Helicoceras.
			vueltas contiguas.	la última en forma de cayado.—	Eteroceras.
				la última no en forma de cayado.—	Turrilites

El género Crioceras va marcado con un ? porque los ejemplares que se le atribuyen podrian ser Ancyloceras incompletos. Los Ceratites, que parecen faltar en el terreno jurásico se encuentran aquí; pero ofrecen en la forma de sus tabiques particularidades que los asemejan á los Ammonites, lo cual prueba que estos dos géneros, asi como la mayor parte de los de tentaculíferos, son muy artificiales. Del mismo modo que en la época jurásica, el género Ammonites predomina sobre todos los demás, hallándose representado en particular por las formas de carena saliente de la seccion de los cristati; por las de carena tuberculosa de la seccion de los pulchelli; por las que carecen de carena, pero de dorso cortante, de la seccion de los clypeiformi; por las de dorso asurcado del grupo de los dentati; por las de dorso aplanado del grupo flexuosi, compressi y angulicostati; y últimamente por las de dorso redondeado de los grupos de los heterophylli, ligati y fimbriati.

Los ammonites se extinguen en el terreno cretáceo, á

partir del cual quedan reducidos los cefalópodos tentaculíferos al género nautilo. Vemos que los destinos de las dos familias que constituyen este sub-órden son diametralmente opuestos: los nautílidos ofrecen al principio una riqueza inusitada de formas y de especies, declinando rápidamente para quedar reducidos á un género único; los ammonitidos (inclusos todos los tipos de tabiques sinuosos) por el contrario, comienzan tímidamente por un género (goniatites); despues viene el segundo (Clymenia); esta familia atraviesa así cuatro terrenos; luego sigue una marcha rápida y ascendente y desaparece en el momento mismo que acaba de alcanzar su máximum de desarrollo numérico y de variedad de formas.

ACETABULÍFEROS.—Los cefalópodos acetabulíferos están en completo período de decadencia y pierden su género mas importante, el de los Belemnites, cuyas especies están repartidas en el terreno jurásico y en el cretáceo.

ARTICULADOS.—Los articulados figuran asaz modestamente, conservándose siempre poco numerosos los anélidos, mientras que los crustáceos decaen relativamente á la época anterior: sin embargo, los insectos se enriquecen con algunas familias nuevas.

VERTEBRADOS.—Aunque el órden de los ganoideos se halle en plena decadencia, los peces figuran bastante bien en el terreno cretáceo, donde predominan los géneros de escamas córneas ó teleosteos.

Siempre numerosos, los reptiles comienzan sin embargo á declinar: los enaliosauros se extinguen, juntamente con los Pterodactylus y los dinosauros. Estos últimos alcanzan no obstante su máximum y están representados por tipos gigantescos (megalosauro, ileosauro, pelerosauro, iguanodon). Todas las formas tan características de la época secundaria desaparecen así poco á poco y el vacío se llena imperfectamente por la aparicion de los crocodilos propiamente dichos y de algunos grandes saurios, uno de los cuales, el Mosasauro, era de gigantesca talla.

AVES Y MAMÍFEROS.—En cuanto á las aves, solo se han hallado osamentas de zancudas, y mas recientemente los Ictiornis indicados por Mr. Marsh en las capas cretáceas superiores de Kansas: son unas extrañas aves que debian parecerse á los vertebrados inferiores por sus vértebras bicóncavas, y por los dientes cónicos de que está armado su pico. Los mamíferos no han dejado vestigios, lo cual no quiere decir que la filiacion de sus especies se halle enteramente interrumpida.

CARACTÉRES DE LA FAUNA CRETÁCEA.—En resúmen, la época cretácea da fin con una multitud de tipos secundarios (inoceramus, Gervilias, nerineas, ammonitidos, belemnites, dinosauros, terodáctilos, enaliosauros, etc.), cuya pérdida se compensa imperfectamente con la aparicion de algunos moluscos de tipo terciario y por la multiplicacion de los peces teleosteos; se caracteriza en particular por los reptiles dinosauros, los ammonitidos rectos, en hélice ó de espiras no contiguas, y los rudistas.

FLORA CRETÁCEA.—El número conocido de vegetales cretáceos apenas excede de 200 á 300 especies: son principalmente helechos, coníferas, y despues plantas cotiledóneas, atribuidas algunas veces con reserva á las familias de las nayadeas, de las palmeras, ermiláceas, amentáceas, miríceas, acerineas, araliáceas, tiliáceas, magnoliáceas, etc.; pero cuyo mayor número no se ha podido determinar con precision suficiente.

DIVISIONES DE LA FAUNA CRETÁCEA.—Abstraccion hecha de las capas de agua salobre por las cuales comienza el terreno, y que solo son accidentes locales, el cretáceo de Europa se ha dividido, segun los puntos de vista, en cuatro ú ocho grandes pisos, subdivididos á su vez en bancos ó masas que contienen faunas bastante distintas; pero estas divisiones no se aplican siempre á los países lejanos; tal vez no se encuentre en ninguna parte del mundo el terreno perfectamente completo, y provisto de todos los horizontes fosilíferos reconocidos en las cuencas de la Europa occidental, donde no existen, sin embargo, nunca en totalidad en un mismo punto.

CRETA DEL OCÉANO ATLÁNTICO.—Los depósitos que se forman hoy en el fondo de muchos mares, de tal manera se parecen á la creta, á juzgar por su aspecto y composicion, segun demuestra diariamente la sonda, que bien pudiera considerarse casi como tal.

Los foraminíferos de que está formada esa roca, parecen específicamente idénticos á los del terreno cretáceo, así como la Terebratulina caput serpentis de este que vive aun. Si es así en realidad, pudiera decirse con mas ó menos fundamento, que la época cretácea continuó en el fondo de ciertos mares, mientras que habia terminado en otras regiones, donde fué reemplazada por los materiales de épocas subsiguientes. Resulta de aquí que en determinadas circunstancias pueden encontrarse fósiles cretáceos asociados con los terciarios ó cuaternarios, así como se hallan algunas especies cretáceas en el fondo de mares cuyas orillas están pobladas de moluscos de la época actual. Aunque los ejemplos de la contemporaneidad de las faunas de diversas edades geológicas no comiencen á manifestarse sino desde el principio del período cretáceo, no es seguro que en todo tiempo hayan ocurrido hechos análogos; y hasta lo contrario parece en gran manera probable. Esta es una razon mas para comprobar los datos de la Paleontología, y para no apresurarse á interpretar los hechos que parecen anómalos ó excepcionales á primera vista. En el pueblo de Quatretonda (Valencia) existe la mezcla de fósiles cretáceos y terciarios, habiendo dado conocimiento del hecho en la reunion extraordinaria de la Sociedad Geológica de Francia celebrada en Paris en 1867.

CLIMA DEL GLOBO EN LA ÉPOCA CRETÁCEA.—Hasta aquí la distribucion de los animales y plantas en la superficie del globo, y la naturaleza de los géneros y familias que constituian las faunas y las floras, indican en todas las épocas precedentes una temperatura uniforme y elevada, no excesiva en el Ecuador y al menos tropical hasta el 76° de latitud norte; en una palabra, reinaba en todo el globo el clima de la zona tórrida actual. Durante esta larga serie de siglos, no parece que el calor haya sufrido las menores fluctuaciones; cuando mas, se ha tratado de indicar, segun el aspecto de los sedimentos, los periodos de sequía y humedad relativos. Pero hácia la mitad de la época cretácea, las cosas toman otro aspecto, comenzando á observar los primeros indicios de un enfriamiento en el norte de los continentes, como parece justificar la ausencia de arrecifes y escasez de corales en los mares de Europa; la falta ó rareza de rudistas al norte del 45° de latitud; y por último, la aparicion, en los mismos parajes, de las familias vegetales de las amentáceas, acerineas y otras varias, que solo penetran excepcionalmente en las regiones tropicales.

ÉPOCA CENOZÓICA Ó TERCIARIA

FAUNA TERCIARIA.—Esta fauna ofrece grandísimo interés: completamente despojada de las formas arcaicas peculiares de las épocas anteriores, aseméjase de tal modo á la actual, que se ha podido decir con razon que vivimos en la época terciaria. En 1850 contaba ya mas de 5,000 especies. Mr. Barrande fijaba su número en 16,970 en 1872; pero bueno es observar que los séres que la representan se conocen infinitamente mejor que los de las épocas anterio-

res, y que contiene un gran número de tipos que no han sido conservados en los terrenos mas antiguos, donde podrian quizás existir. Comprende tal número de animales de sangre fria, que debo limitarme á varias indicaciones generales en lo que concierne á las divisiones inferiores del reino animal. Los espongiarios declinan, pero los foraminíferos se multiplican asombrosamente; los políperos se conservan bastante numerosos, como los equinodermos. Los crinoideos y los braquiópodos caminan á su decadencia, al paso que los moluscos acéfalos y gasterópodos prosiguen su marcha ascendente. Para dar una idea de su importancia, diré que Mr. Deshayes figuró en catálogo 1,041 acéfalos pertenecientes solo á la cuenca de Paris, donde el terreno no es completo, y que Mr. Barrande indicaba 3,600, en 1872. Los gasterópodos se enriquecen con un gran número de géneros terrestres pulmonados, clase que cuenta unas 6,800 especies. Algunos nautilos son los únicos representantes del órden, tan rico en otro tiempo, de los cefalópodos tentaculíferos; los acetabulíferos adquieren varios géneros. Nada interesante se observa tampoco en lo que concierne á los animales articulados. Toda la importancia de la fauna terciaria está efectivamente concentrada en los moluscos y sobre todo en los vertebrados. Entre estos últimos, los peces escamosos se multiplican mucho, mientras los ganoideos no tienen ya mas que unos pocos representantes. La fauna de los reptiles se aproxima á la de los tiempos actuales: obsérvanse verdaderos batracios, ranas y salamandras, tortugas, crocodilos, lagartos y serpientes, que aparecen los últimos, aunque son los mas imperfectos de la clase. Las aves han dejado restos bastante numerosos, pero mal estudiados hasta estos tiempos; de modo que será prudente aplazar su estadística. Los mamíferos, por el contrario, han sido objeto de continuas investigaciones; su importancia llega á ser preponderante, pudiendo asegurar que ellos son los que comunican á la fauna terciaria su principal carácter, pues figuran en ella todos los órdenes. En primer lugar los paquidermos, pertenecientes á géneros extinguidos; despues aparecen algunos carniceros, quirópteros y roedores; siguen los proboscidios, los anfibios, los rumiantes, los insectívoros, los cuadrumanos y quizás tambien los bimanos, es decir, el hombre. Como los restos de mamíferos abundan en todas partes, por su distribucion vertical es por la que se han establecido principalmente las subdivisiones del terreno terciario, y hasta del período neozóico. Sin embargo, á partir del piso plioceno, es decir, antes del fin de la época, varios órdenes declinan rápidamente, despues de una momentánea prosperidad, debiendo contar entre ellos á los paquidermos, los proboscidios y hasta los carnívoros, y si estos últimos están representados ahora por mas numerosas especies, descubrimos á menudo la extincion de algun tipo.

Flora terciaria.—Esta flora, muy interesante, se ha despojado tambien de todos los tipos arcaicos, y se compone principalmente de las plantas actuales, como helechos, bambúes, palmeras, bananos, pandaneas, liliáceas, higueras, laureles, proteáceas, magnolias, terebintáceas, leguminosas, nogales, sauces; en una palabra, plantas semejantes á las de los países cálidos ó templados.

Divisiones de la fauna terciaria.—El terreno terciario se ha dividido, segun los diferentes geólogos, en tres ó cinco pisos; la clasificacion mas generalmente aceptada es la primera, esto es, en eoceno, mioceno, plioceno, por ser la mas cómoda, aunque no es natural, pues el piso eoceno tiene con frecuencia mas importancia que los otros dos reunidos. Mas fáciles de estudiar, y de consiguiente mejor conocidas que las de los terrenos anteriores, las faunas terciarias ofrecen tambien mayor variedad. Los horizontes fosilíferos llegan á ser innumerables y de excesiva riqueza; pero como se les ve cambiar asombrosamente de un país á otro, es en extremo difícil establecer el número y el paralelismo. Cada cuenca debe describirse separadamente, y no se puede comparar con otra, á veces muy próxima, sino de una manera general. Para dar una idea de la suma variedad que reinaba en aquella época, diré que la parte inferior del terreno terciario está representada por una veintena de horizontes perfectamente distintos, poseyendo todos algun carácter mineralógico y no pocos fósiles peculiares, siendo tan pronto los materiales que los contienen marinos, como de agua dulce. En los Pirineos, en el Mediodía de Europa, y hasta en la China, consiste por el contrario, este horizonte, por regla general, en enormes masas de caliza compacta en un todo marina, de aspecto jurásico, donde pululan los foraminíferos á que debe su nombre, caliza de numulites, y en que se hallan los fósiles diversamente asociados. Por otra parte, en todas las cuencas se observan tránsitos de fósiles entre los diversos pisos ú horizontes, siendo tan numerosos, cuanto mas elevado es el nivel en el terreno. Por eso la época terciaria se distingue mejor de la cretácea que de las siguientes: un gran número de especies miocenas pasan al piso plioceno, y viven en los mares actuales, como por ejemplo en el Mediterráneo, lo cual dificulta sobremanera establecer los límites entre los sedimentos terciarios y los de nuestra época.

Órden de sucesion de los mamíferos terciarios.—He dicho que los principales horizontes del terreno terciario están suficientemente caracterizados por los mamíferos, cuyos géneros y especies varian mucho segun el nivel. No dejará de ofrecer interés, en consecuencia, echar una rápida ojeada al órden con que se suceden. Las capas inferiores del piso eoceno, en Europa, ven aparecer los primeros monodelfos: son unos paquidermos del género Coryphodon, otros pertenecen á los Arctocyon y á otros carniceros del Palæonictis, afine á las ginetas. Un poco mas arriba, la caliza basta ofrece paquidermos (Lophiodon, Palœotherium, Dichobune, Anchilopus, etc.); murciélagos (Vespertilio), un mono (Macacus), un anfibio (Halitherium), y varios didelfos (Didelphis). Mas superiormente aun, los yesos de Montmartre encierran la rica coleccion de los géneros restaurados por el gran Cuvier. Los paquidermos predominan (Palœotherium, Anoplotherium, Xyphodon, Adapis, Chæropotamus, Paloplotherium, Anchitherium, etc.); aparecen tambien nuevos géneros de carniceros (Canis, Hyænodon, Tylodon, Amphicyon, etc.); de roedores (tales como Ardillas, Adelomys, Theridomys, etc.); quirópteros (Murciélagos) y marsupiales (Didelphis); el terreno terciario medio ó mioceno ve aparecer nuevos paquidermos (Rinoceronte, Cerdo, Tapir, Caballo, Hipopótamo, Listriodon, etc.); rumiantes (Ciervo, Antílope, Almizclero, Oveja, Buey, Camello, Girafa, Bramatherio, Sivatherio, Dremotherio, Helladotherio, etcétera); proboscidios (Dinotherio, Mastodonte, Elefante); carniceros (Gato, Hiena, Nutria, Comadreja, Gineta, Machairodus, Hyænarctos, Acanthodon, etc.); nuevos roedores (Rata, Castor, Liebre, Puerco-espin, Archomys, Cricetodon); insectívoros (Musaraña, Topo, Erizo, Migale, Galerix, Echinogale, etc.); otros murciélagos; algunos monos (Pliopitecos, etc.); lamantinos y cetáceos (Delfin, Cachalote, etc.).

En el horizonte terciario superior ó plioceno, aparecen los semnopitecos y otros monos del género Pythecus; muchos murciélagos, liebres, castores y puercos-espines; las marmotas y otros roedores, los osos, las focas y otros carnívoros; los rinocerontes y tapires; diferentes antílopes y elefantes; nuevos mastodontes; delfines, cachalotes, ballenas y otros cetáceos.

Las faunas de la misma época se asemejan por lo general bastante en Europa, y hasta en puntos mas lejanos del globo. La asociacion de algunos mamíferos basta para determinar un horizonte geológico, pero la regla sufre algunas excepciones; así vemos, por ejemplo, reproducirse ciertas particularidades, ya indicadas en la época silúrica, que sin duda han existido en todos tiempos. Los mamíferos, por ejemplo, que se manifiestan en Europa desde el principio del período terciario, apenas se indican en las otras partes del mundo desde las capas medias ó miocenas; de modo que faltan generalmente las tres faunas eocenas. Pero por una especie de compensacion, ciertos géneros, como los caballos, hipopótamos, camellos, bueyes, ovejas y elefantes, se manifiestan en los bancos miocenos de la India, y no aparecen en todos los demás puntos sino en los estratos pliocenos. En la América del Norte no sobrevive el rinoceronte á la formacion terciaria; mientras que el mastodonte, que se extingue en Europa, continúa propagándose durante el período siguiente. En cuanto á la fauna marina, se manifiesta, como es natural, mas estable y fija que la terrestre, no pareciendo de ningun modo afectada por las circunstancias climatéricas y otras que algunas veces han modificado profundamente la primera.

CUADROS DE LA ÉPOCA TERCIARIA.—Si ahora tratamos de trazar un bosquejo de la época terciaria, segun todo lo que nos enseñan la Geología y la Paleontología, debemos figurarnos continentes bastante extensos, con montañas ya altas, pero siempre muy diseminadas. En Europa se asemejaban sin duda las grandes tierras á las regiones planas ú onduladas del interior de Africa; estaban sembradas de lagos y pantanos y alimentaban una rica vegetacion. Inmensas manadas de herbívoros recorrian aquellas sabanas medio sumergidas en las aguas, tan numerosas y variadas como los grupos de elefantes, de zebras y de antílopes del Africa austral. Los rinocerontes, los tapires, diversos jabalíes, antílopes y Anchiterium, semejantes á los caballos, pacian en las mismas regiones que los Palœotherium, los Anthracotherium, los Helladotherium, los Sivatherium y los mastodontes, no menos singulares todos ellos por sus formas que por sus nombres. Entre estos animales predominaba el gigantesco Dinoterio, el mas corpulento de los séres terrestres. Numerosos carniceros venian á modificar la excesiva exuberancia de aquella poblacion; aves corredoras semejantes al avestruz, atravesaban las áridas llanuras; grandes lagartos y serpientes de diversas especies se deslizaban entre los árboles de los bosques, poblados de diversos géneros de monos, y en cuyas profundidades habia fijado ya tal vez el hombre su residencia. Insectos y aves de toda especie cruzaban los aires; llenos de crocodilos los lagos y pantanos, alimentaban peces semejantes á los de nuestros rios, y en las orillas de los mares se arrastraban las focas y los manatis; por último, los océanos, poblados de delfines, de ballenas y de cachalotes, servian á la vez de albergue á enormes tiburones. En una palabra, todo anunciaba ya el órden de cosas actual.

CLIMA DE EUROPA EN LA ÉPOCA TERCIARIA.—El conjunto orgánico indica una temperatura bastante alta aun y húmeda, análoga, aunque no idéntica, á la tropical de hoy.

Posteriormente comienzan á marcarse los climas, y no tardan en confirmarse por nuevas pruebas, los primeros indicios de una disminucion de calor, observados en la época cretácea. En el reino vegetal, así como en la fauna marina, es donde principalmente se reconocen todas estas circunstancias, pues si los animales terrestres pertenecen, en su mayor parte, á géneros de los paises cálidos, no podemos afirmar de la misma manera que no haya habido especies de rinocerontes, de girafas y de elefantes conformados para soportar temperaturas rigurosas como así se observa en la época diluvial. Mas sedentarios, los animales marinos, y sobre todo los vegetales, proporcionan datos de mayor precision. En la época cretácea, segun Mr. Heer, la flora de Europa indica todavía una temperatura tropical, hasta el sur de Laponia. En la eocena, el clima de los alrededores de Paris era el de las regiones cálidas, asemejándose la flora á la de la Florida ó del mediodía de la China; pero el calor se mantenia no obstante hasta la inmediacion de los polos. Hácia fines de la época pliocena habia disminuido este hasta el punto de que el clima de la Europa central se asemejaba mas bien al de las islas del Mediterráneo. Los vegetales de los países cálidos fueron sustituidos poco á poco por otros mas apropiados á las nuevas condiciones de existencia. Las conchas marinas del plioceno y del crag de Inglaterra son en su mayor parte idénticas á las que viven aun en el fondo del Mediterráneo y de los mares británicos. La Paleontología nos ofrece, pues, un resultado de gran importancia para la historia del globo; y es que á partir de la mitad del período cretáceo, los climas comienzan á pronunciarse en el hemisferio boreal; que la temperatura desciende poco á poco y uniformemente en Europa; y que hácia el fin de la época terciaria apenas traspasa los medios actuales.

ÉPOCA NEOZÓICA Ó CUATERNARIA

FAUNA CUATERNARIA.—Esta fauna es sobre todo notable por los mamíferos: los géneros son idénticos, y con frecuencia las especies tambien, á las actuales. Un gran número de animales terrestres existen desde el principio del período, durante el cual han aparecido otros tipos nuevos. Hay, pues, un tránsito insensible desde la fauna cuaternaria á la actual; así es que ambas épocas están mas bien separadas por la cesacion de los fenómenos físicos y climatéricos del período glacial y diluvial, y por el comienzo del estado presente de cosas, que por una diferencia en la fauna y flora. Esto es tanto mas evidente, cuanto que si los animales contemporáneos remontan á menudo á la época cuaternaria, y aun á la terciaria, varias especies cuaternarias no se han extinguido hasta los tiempos modernos.

MAMÍFEROS DE EUROPA.—Los mamíferos cuaternarios de Europa eran osos, leones, hienas, rinocerontes, elefantes, ciervos y bueyes, casi todos de gigantesca talla; habia además insectívoros, roedores, carniceros, rumiantes, caballos, jabalíes, etc., los mas de los cuales subsisten aun. El oso de las cavernas era tan grande como un caballo; el elefante lanoso excedia en mucho de sus congéneres actuales, llevando enormes colmillos algo encorvados; el ciervo de las turberas, con sus cuernos palmeados, tenia por lo menos la talla de nuestros bueyes, y ciertas especies de estos últimos alcanzaban dimensiones extraordinarias. Semejante mezcla de animales de los países frios y templados con otros que estamos acostumbrados á considerar como habitantes de regiones cálidas, no tiene nada de particular desde que sabemos que el mammuth y el rinoceronte de narices tabicadas estaban revestidos de una espesa capa de lana y de crines, segun lo indican los restos hallados en el norte de Siberia.

EL HOMBRE CUATERNARIO.—Si aun puede dudarse de que el hombre apareciera en la época terciaria, es evidente su existencia en el período cuaternario. No solo se han recogido en el diluvium y en las cavernas de todas las épocas silex cortados, huesos moldeados, cróquis de animales, y una infinidad de vestigios de la tosca industria de las primeras edades, sino que se han descubierto verdaderos

restos fósiles del hombre, el cual hubo de presenciar los fenómenos tan asombrosos que señalaron la época cuaternaria, como las inundaciones diluviales, de las que pudo escapar gracias á su destreza; fué testigo de la prodigiosa extension de los glaciares; y contribuyó sin duda á la desaparicion de gran número de especies animales.

SUBDIVISIONES DE LA ÉPOCA CUATERNARIA.—Se ha tratado de establecer una especie de cronología de la época cuaternaria por medio de los animales característicos de cada período, habiéndose obtenido resultados, que aunque provisionales, ofrecen ya no escaso interés. Con efecto, Lartet establece en Europa cuatro épocas principales, caracterizadas del modo siguiente: la primera por el oso de las cavernas; la segunda por el mammuth y el rinoceronte de narices tabicadas; la tercera por el reno; y la cuarta por los aurochs. Estas edades ó épocas se indican por la presencia, pero de ningun modo por la duracion de los tipos, de los cuales viven algunos aun, habiéndose extinguido los demás en diversos momentos. La division hoy mas en boga es la siguiente: 1.° período del Oso y Mammuth, 2.° del Reno y otros animales emigrados y 3.° de animales domesticados.

ANIMALES DE LA AMÉRICA DEL NORTE.—Pero lo que sucedia en Europa no podia servir de regla para los otros países. En la América del Norte apenas existen los grandes carniceros de las cavernas, y el género hiena parece faltar completamente. Los rinocerontes habian desaparecido desde fines de la época terciaria; dos especies de elefantes, una de las cuales podria ser idéntica al Mammuth, caballos de grandes dimensiones, y otros varios tipos del antiguo continente, habitaban entonces en el nuevo, donde se han extinguido á fines del período. El mastodonte, que no pasa tal vez en Europa del período mioceno, es por el contrario uno de los animales mas propagados en América durante la época cuaternaria, y sus restos están á menudo mezclados con los de elefantes y de caballos. El reno, el alce y el buey almizclero, existian simultáneamente en los dos continentes; pero el nuevo no ha producido aun vestigios de los aurochs, ni tampoco del gran ciervo de las turberas, al que sustituia una especie mas gigantesca aun.

Por último, enormes animales desdentados, de los géneros Megaterio, Megalonix, Mylodon, Glyptodon, etc., completaban la característica de la fauna cuaternaria de la América del Norte. Fácil es deducir de todo esto, que las causas que determinan la extincion de las especies son tan misteriosas como las de su aparicion. No podemos, con efecto, comprender, porqué los rinocerontes, los caballos y los elefantes han dejado de formar parte de la fauna del Nuevo Mundo, puesto que el caballo, importado en los tiempos modernos, se multiplicó de una manera asombrosa, y que todos los animales del antiguo continente hallarian en el nuevo algun punto que reuniera las condiciones para prosperar.

ANIMALES DE LA AMÉRICA MERIDIONAL.—El diluvium de las pampas de la América del Sur y las cavernas del Brasil contienen una fauna sumamente notable, caracterizada sobre todo por los desdentados. Encuéntranse carniceros, roedores, mastodontes, caballos, llamas, monos de la tribu de los cebinos, y en fin, tatús enormes y otros desdentados gigantescos, pertenecientes al menos á unos quince géneros distintos. Este conjunto orgánico es del todo análogo á la poblacion actual de la misma parte del mundo, patria exclusiva de los cebinos, de las llamas, de los tatús y de la mayor parte de los desdentados. Desde la época cuaternaria comienzan pues á señalarse los actuales centros de dispersion, lo cual hará mas evidente el rápido exámen de la fauna de algunos otros países.

ANIMALES DE AUSTRALIA, DE LA NUEVA ZELANDA Y DE MADAGASCAR.—La Nueva Holanda y las tierras inmediatas, que no encierran hoy dia mas que mamíferos marsupiales y ornitodelfos, estaban pobladas exclusivamente de didelfos; pero sus especies alcanzaban las enormes dimensiones acostumbradas en los animales de la época cuaternaria. Entre los carniceros, el Thylacoleo carnifex llegaba á tener la talla del leon; habia dos masurpiales roedores del tamaño del tapir, y herbívoros con las dimensiones del buey y del hipopótamo. El cráneo del Diprotodonte media un metro de largo. Compuesta solo, hoy dia, de aves corredoras con alas rudimentarias, la fauna de los animales de sangre caliente de la Nueva Zelanda no contenia tampoco, en la época cuaternaria, mas que aves análogas de muy gran tamaño. Ha producido los Palœopteryx, los Apternis, Notornis, y diez especies de Dinornis, una de las cuales, llamada Moa por los indígenas, subsiste tal vez aun en el interior del país. Madagascar se caracteriza igualmente por sus aves corredoras: encuéntranse allí Dinormis y el gigantesco Epyornis, que media al menos cuatro metros de altura, y cuyos huevos tenian una cáscara de 8 milímetros de espesor, por 32 á 34 centímetros de largo y una capacidad de cerca de 9 litros.

Para poner fin á esta rápida reseña paleontológica, séame permitido indicar la division que al menos por lo que á Europa se refiere, podria admitirse de los tiempos terciarios y cuaternarios con referencia á los principales tipos de mamíferos.

Tiempos cuaternarios.	histórico.	Hípico
	legendario	Uro rengífero
	prehistórico. . . .	Urso-elefantino
Id. terciarios. . . .	neoceno.	Elefantino
	plioceno.	Masto-elefantino
	mioceno	Dinotérido
	meso-mioceno. . .	Antrocotérido
	epi-eoceno.	Paleotérido.
	eoceno.	Lofiontido
	hipo-eoceno. . . .	Corifodontido

La aparicion y presencia del hombre mas ó menos problemática en el terreno terciario, completamente fuera de duda durante el período cuaternario, con la fauna y flora actuales, completan el cuadro del desarrollo de la vida desde que allá por los tiempos laurentinos y cámbricos, si en rigor deben ó pueden considerarse como independientes del silúrico, verificó su misteriosa aparicion en el globo.

Teniendo por necesidad que adaptarse á las condiciones de existencia que este globo ha ofrecido en sus distintos períodos, sin prejuzgar en manera alguna las causas naturales ó sobrenaturales que en su aparicion pudieron intervenir, claro es que la distinta naturaleza y distribucion de los séres orgánicos en los mares y en las tierras constituye el dato mas precioso para caracterizar las distintas épocas de la Historia de nuestro planeta; razon por la cual no puede darse un paso seguro en su estudio, sin acudir á los inagotables y preciosos veneros de riqueza científica que la Paleontología suministra.

FIN DEL TOMO NOVENO Y ÚLTIMO

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO NOVENO

MINERALOGIA

GEOLOGIA

GEOLOGÍA APLICADA Ó GEOTECNIA

PALEONTOLOGIA

FIN DEL INDICE DEL TOMO NOVENO

PAUTA PARA LA COLOCACION DE LAS LÁMINAS

TOMO PRIMERO

TOMO SEGUNDO

TOMO TERCERO

TOMO CUARTO

TOMO QUINTO

TOMO SEXTO

TOMO SÉTIMO

TOMO OCTAVO

TOMO NOVENO

ADVERTENCIA PARA LOS SEÑORES ENCUADERNADORES

Como los tomos VI y VII contienen un número de pliegos bastante corto con relacion al de los tomos restantes de la obra, convendrá que los encuadernen en un solo volúmen, con lo cual vendrán á tener todos las mismas dimensiones.

UNIVERSIDAD AUTÓNO
DIRECCIÓN GENERAL